Studien

über

Wasserscheiden.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

eingereicht

bei der

philosophischen Facultät

der

Universität zu Leipzig

von

Alfred Philippson

aus Bonn.

1896

Die folgende Abhandlung ist ein Theil einer größeren Arbeit, welche als Ganzes der hohen Facultät vorgelegen hat und in den „Mittheilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1885“ (Leipzig 1886) erscheint. Das Literaturverzeichniß bezieht sich auf die ganze Arbeit.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Literatur 7

Einleitende Bemerkungen 13

Definition 14

Erfter Abfchnitt.

Die erste Anlage der Wasserscheiden 19

A. Allgemeines 19

Bedeutung der letzten Meeresentblöfsung für die Gefchichte eines Landes 19

Abhängigkeit der Waffcrfcheiden vom Relief zur Zeit der letzten Meeresentblöfsung 21

Ausgeftaltung des für die Anlage mafsgebenden Reliefs . . . 23

durch:

1. Wirkungen beim Untertauchen des Landes 23

2. Wirkungen unter Meer 26

3. Vorgänge beim Auftauchen 27

B. Anlage der Waffcrfcheiden beim Auftauchen verfchieden geftalteter Erdräume 28

Anlage auf Abrafionsflächen 28

Anlage auf Schichtungstafelländern 29

Anlage auf Schollenländern 31

Anlage in Faltungsgebieten 32

Anlage in Auffchüttungsgebieten 34

Zweiter Abſchnitt.

Seite

Die Verſchiebbarkeit der Waſſerſcheiden 35

A. Neigung der Waſſerſcheiden zur Beſtändigkeit 35

a. Urſachen der Beſtändigkeit 35

b. Durch die Beſtändigkeit erzeugte Gegenſätzlichkeit zwiſchen dem Verlauf der Waſſerſcheiden und der heutigen Bodengeſtalt 36

Durch Härtedifferenzen 37

Durch Epigeneſis der Thäler 38

Durch Dislokationen 38

Wirkungen der Dislokationen auf die Flußſyſteme 42

Wirkungen der Flüſſe auf die Dislokationen 44

B. Factoren, welche Ortsveränderungen der Waſſerſcheiden bewirken können 45

a. Allmähliche Ortsveränderung 46

1. Durch Veränderung des continentalen Gefälles 46

2. Durch ſeitliches Rücken der Flüſſe 48

3. Durch ungleich ſtarke Eroſion auf beiden Seiten der Waſſerſcheiden 50

Vorgang und Ende einer ſolchen Verſchiebung 51

Anzapfung der Flüſſe. Bifurkationen im Gebirge . . . 55

Unterſcheidende Merkmale der verſchieden entſtandenen Durchbruchsthäler 58

Urſachen ungleicher Eroſion 59

Niederſchlagsmengen 59. Härte 60. Gefälle 61. Lage der Eroſionsbaſis 62. Cirkusthäler 63.

b. Vernichtung und Neubildung von Waſſerſcheiden 66

1. Durch Dislokationen 66

2. Durch Aufſchüttungen 67

3. Durch Härtedifferenzen der Geſteine 70

4. Durch chemiſche Eroſion 71

Dritter Abſchnitt.

Topographiſche Morphologie der Waſſerſcheiden 73

A. Eigenſchaften des vertikalen Querſchnitts 74

1. Die primärflache und durch Annäherung der Eroſion convexe Waſſerſcheide 74

2. Die einſeitig zugeſchärfte Waſſerſcheide 76

3. Die beiderſeitig zugeſchärfte Waſſerſcheide 76

4. Die durch Verwitterung convexe Waſſerſcheide 77

5. Die ſekundär abgeflachte Waſſerſcheide 78

Seite

B. Eigenſchaften des vertikalen Längsſchnitts 78
1. Gradlinige und gezackte Waſſerſcheide 78
2. Unterſcheidung von Kamm- und Thalwaſſerſcheide . . . 80
Beiſpiele von Thalwaſſerſcheiden 81
Reſchen-Scheideck 82
San Giacomo di Fraèle und Doſſo rotondo 89
Entſtehung der Thalwaſſerſcheiden 92
C. Eigenſchaften der Horizontalprojektion 96
1. Gradliniger Verlauf 96
2. Zickzackförmiger Verlauf 96
3. Ueberſpringender Verlauf 97
4. Strahlenförmiger Verlauf 97
5. Centrale Waſſerſcheiden 97
D. Zuſammenfaſſung 97

Vierter Abſchnitt.

Verlauf der Wasserscheiden in verschieden gebauten Erdräumen . 99
A. Die Waſſerſcheiden auf Abraſionsflächen 100
Skandinavien 100
Erzgebirge 102
Tſin-ling-shan 103
Bretagne 103
Eifel 104
Taunus 108
Hunsrück 109
Harz 114
Weald 116
Penniniſche Hügel 118
B. Die Waſſerſcheiden in Schollenländern 118
Südafrika und Dekan 118
Shan-tung 119
Etschbuchtgebirge 120
Colorado-Tafelländer 121
Mitteleuropäiſche Schollenländer 122
Garonnebecken 123
a. Ueberſicht der Abflußſyſteme: 1. im nordfranzöſiſchen Becken 123. 2. im öſtlichen England 125. 3. im ſüddeutſchen Senkungsgebiet 125.
b. Verhältniſs der Abflußſyſteme zur Tektonik: 1. im nordfranzöſiſchen Becken 126. 2. im ſüddeutſchen Senkungsgebiet 137.
c. Entwickelung der heutigen Verhältniſſe 142.

Seite

C. Die Waſſerſcheiden in Faltengebirgen 147
1. Schweizer Jura 148
2. Oſtcordillere von Columbia 149
3. Alleghany-Gebirge 149
4. Tien-shan und Altai 151
5. Randgebirge der Hochländer. Himalaya u. a. 153
6. Alpen 157
7. Karpathen 160
D. Zuſammenfaſſung. Concordanz und Discordanz der Waſſerſcheiden . 161
Schluſs 163

Literatur.

Austen, President's Address Geogr. Section Brit. Assoc.; Proceed. R. Geogr. Soc. V. 1883, p. 610 ff.

„ The Mountain Systems of the Himalaya. Proceed. R. Geogr. Soc. VI. 1884, p. 83 ff. (Karte.)

Benecke, Ueber die Trias in Elfaſs-Lothringen und Luxemburg. Abhandlungen zur geolog. Specialkarte von Elfaſs-Lothringen. I, 4. Straſsburg 1877.

Blankenhorn, Die Trias am Nordrande der Eifel. Abhandlung zur geolog. Specialkarte von Preuſsen. Berlin 1885.

Bonney, On the formation of Cirques. Quart. Journ. Geolog. Soc. 1871, p. 312 ff.

„ On Mr. Helland's theory of the formation of Cirques. Geolog. Magazine, N. Ser. IV. 1877, p. 273 ff.

Boussinesq, Essai sur la théorie des eaux courantes. Mémoires présentés par div. savants à l'Acad. des Sciences de l'Institut de France. Scienc. math. et phys. XXIII. Paris 1877.

Burat, Géologie de la France. Paris 1874.

Cornet et Briart, Sur le relief du sol en Belgique après les temps paléozoiques. Annales Soc. Géol. de Belgique. IV. Liège 1877.

Cornuel, Mémoire sur les terrains crétacé infér. et supra-jurassique de l'arrond. de Vassy. Mém. Soc. Géol. de France. Sér. 1, T. IV. Paris 1841, p. 229 ff.

de Cossigny, Le crétacé du sud du bassin Parisien. Bullet. Soc. Géol. de France. Sér. 3, T. IV, p. 230 ff.

Credner, Die Geognoſie und der Mineralreichthum des Alleghany-Syſtems. Petermann's Mittheilungen. XVII. 1871, S. 41 ff.

Dana, Geolog. Report of the exploring expedition under Capt. Wilkes. 1849. (Nach Citat.) — Manual of Geology. 1863.

„ The southward discharge of Lake Winipeg. Amer. Journal of Science and Arts. III. Ser. Vol. 24.

Daubrée, Application de la méthode expérimentale au relief du sol. Bullet. Soc. Géol. de France. Ser. 3, T. VII, p. 141 ff.

v. Dechen, Geolog. Ueberſichtskarte der Rheinprovinz und der Provinz Weſtfalen. 2. Ausg. Berlin 1883.

„ Erläuterungen der geolog. Karte der Rheinprovinz und der Provinz Weſtfalen. Bonn 1870—1884.

Deffner, Die Lagerungsverhältniſſe zwiſchen Schönbuch und Schurwald. Württembergiſche naturwiſſenſchaftliche Jahreshefte. XVII. 1861, S. 170 ff.

„ und **Fraas,** Die Juraverſenkung bei Langenbrücken. Neues Jahrbuch für Mineralogie. 1859, S. 1 ff., S. 513 ff.

Delitsch, Deutſchlands Oberflächenform. Breslau 1880.

Dollfus, Essai sur la détermination de l'âge du soulèvement du pays de Bray. Bullet. Soc. Géol. de France. Ser. 3, T. IX, 1881, p. 112 ff.

Douvillé, Le tertiaire du Gatinais. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. IV, p. 92 ff.

Dutton, The tertiary history of the Grand Cañon District. Monographs Un. St. Geol. Survey. II. Washington 1882.

Erdmann, Exposé des formations quaternaires de la Suède. Atlas.

Foster and **Topley,** On the superficial deposits of the Valley of the Medway. Quart. Journ. Geol. Soc. 1865, p. 443 ff.

Fraas, Geognoſtiſche Beſchreibung von Württemberg, Baden u. Hohenzollern. Stuttgart 1882.

Geistbeck, Die Seen der deutſchen Alpen. Mittheil. d. Ver. f. Erdk. zu Leipzig 1884. L. 1885, S. 203 ff.

Gilbert, Report on the Geology of the Henry M. Washington 1877.

Gosselet, Observations sur les limites des bassins hydrographiques de la mer du Nord et de la mer de la Manche. Annales Soc. Géol. du Nord, Lille VIII, 1881, p. 29 ff.

Grebe, Ueber die Quarzitſattel-Rücken im ſüdöſtl. Theile des Hunsrück. Jahrb. d. preuſs. geol. Landesanſtalt 1880.

„ Ueber das Ober-Rothliegende, die Trias etc. in der trierſchen Gegend. Ebendaſ. 1881.

„ Ueber die Trias-Mulde zwiſchen dem Hunsrück u. Eifel-Devon. Ebendaſ. 1883.

Gümbel, Geognoſtiſche Beſchreibung des Königreichs Baiern. Gotha, II, 1868, III, 1879.

Hann, Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.

Hartung, Beitrag zur Kenntniſs von Thal- u. Seebildung. Zeitſchrift d. Geſellſch. f. Erdkunde zu Berlin. XIII, 1878.

Hébert, Ondulations de la craie dans le bassin de Paris. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 2, T. XXIX, 1872, p. 446 ff.

Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung. I. Baſel 1878.

Helland, Verſchiedene kleinere Aufſätze, auszüglich mitgetheilt in Penck's: Norwegens Oberfläche; beſonders: Om Botner og Säkkedale. Geolog. För. Förh. II. Nr. 9. Stockholm.

Hettner, Reiſen in Kolumbien. Verhandlungen der Geſellſch. f. Erdkunde zu Berlin. XII, 1885.

Jukes (Beete), On the Mode of Formation of the river valleys in the South of Ireland. Quart. Journ. Geol. Soc. 1862, p. 391 ff.

Kinahan, Valleys and their relation to fissures, fractures and faults. London 1875.

„ Geological Magazine 1869, p. 109 ff.

Kjerulf, Ein Stück Geographie in Norwegen. Ztſchr. d. Geſellſch. f. Erdk. z. Berlin. XIV. 1879.

„ Die Geologie des ſüdl. u. mittl. Norwegen. Deutſch von Gurlt. Bonn 1880.

Koch, Ueber die Gliederung der rhein. Unter-Devon-Schichten zwiſchen Taunus und Weſterwald. Jahrb. d. preuſs. geolog. Landesanſtalt 1880.

„ Sectionen Eltville, Langenſchwalbach, Königſtein der geolog. Specialk. v. Preuſsen.

von Koenen, Ueber geolog. Verhältniſſe, welche mit der Emporhebung des Harzes in Verbindung ſtehen. Jahrb. d. preuſs. geolog. Landesanſt. 1883.

Kollbrunner, Zur Morphologie der Thalbildungen u. Fluſsſyſteme. Progr. d. Thurgauer Kantonsſchule. Frauenfeld 1877.

Krümmel, Einſeitige Eroſion. Ausland 1882, S. 30 ff., 45 ff.

de Lapparent, Le soulèvement du pays de Bray. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 2, T. XXIX, 1872, p. 231 ff.

von Lasaulx, Ueber die Tektonik und die Eruptivgeſteine der franz. Ardennen. Bonn 1884. Separatabdr. aus d. Ztſchr. d. naturh. Ver. f. Rheinland u. Weſtf.

Laspeyres, Kreuznach und Dürkheim a. d. Haardt. Ztſchr. d. deutſch. geolog. Geſellſch. XIX. 1867, S. 803 ff.

„ Erläuterungen z. geol. Specialk. v. Preuſsen, Sektion Zörbig.

Lebesconte, Le bassin tertiaire de Rennes. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. IV, p. 451 ff.

Lebour, On the denudation of Western Britanny. Geolog. Magazine 1869, p. 442 ff.

Lepsius. Ueber den bunten Sandſtein in den Vogeſen. Ztſchr. d. deutſch. geolog. Geſellſch. XXVII. 1875, S. 83 ff.

„ Das weſtliche Süd-Tirol. Berlin 1878.

„ Die oberrheiniſche Tiefebene. Forſchungen z. deutſchen Landes- und Volkskunde. Stuttgart 1885.

Michel-Lévy et Velain, Les lambeaux de Lias surélevés du Morvan. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. VII, p. 901 ff.

Leymerie, Mémoire sur le terrain crétacé du dép. de l'Aube. Mém. Soc. Géol. de France. S. 1, T. IV. Paris 1841, p. 291 ff.

Loftus, Geology of the Turko-Persian frontier. Quart. Journ. Geol. Soc. XI. 1855, p. 247 ff.

Lossen, Geognoſtiſche Beſchreibung der linksrhein. Fortſetzung des Taunus. Ztſchr. d. deutſch. geol. Geſellſch. XIX, 1867, p. 509 ff.

„ Ueber den Zuſammenhang zwiſchen Falten, Spalten und Eruptivgeſteinen im Harz. Jahrb. d. preuſs. geol. Landesanſtalt 1882.

„ Geognoſtiſche Ueberſichtskarte des Harzgebirges. Berlin.

Löwl, Die Entſtehung der Durchbruchsthäler. Petermann's Mittheil. 1882, S. 405 ff.

„ Das Problem der Fluſsdurchbrüche. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanſt. Wien 1883.

„ Ueber Thalbildung. Prag 1884.

Mackintosh, Geological Magazine 1866, p. 387 ff.

Maw, Verſchiedene Abhandlungen im Geological Magazine 1866. (Beſonders Subaërial and marine Denudation.)

Medlicott and **Blanford,** Manual of the geology of India. Calcutta 1879.

de Mercey, Coupes de la Carte géol. de la Somme. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. IV, p. 559 ff.

de Morgan, Les terrains crétacés de la vallée de la Bresle. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. VII, p. 197 ff.

Mösch, Der Aargauer Jura. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, IV. u. X. Bern 1867 u. 1874.

de la Moussaye, La vallée de la Vesle. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. VI, p. 32 ff.

Penck, Norwegens Oberfläche. Ausland 1882, S. 190 ff.

„ Die Vergletſcherung der deutſchen Alpen. Leipzig 1882.

„ Alte und neue Gletſcher in den Pyrenäen. Ztſchr. d. deutſch-öſterreich. Alpenvereins 1884, p. 468 ff.

„ Ueber Periodicität der Thalbildung. Verh. d. Geſellſch. f. Erdk. z. Berlin. XI. 1884.

„ Mitteleuropa in Kirchhoff's Länderkunde der fünf Erdtheile. I. Leipzig 1886.

Philippson, Ein Beitrag zur Eroſionstheorie. Petermann's Mittheil. 1886, S. 67 ff.

Powell, Exploration of the Colorado River. Washington 1875.

Ramsay, Reports Brit. Association 1847. (Nach Citat.)

„ On the erosion of valleys and lakes. Philos. Magazine 1864, p. 293 ff.

„ The physical history of the valley of the Rhine. Quart. Journ. Geol. Soc. XXX. 1874.

Ramsay, The physical geology and geography of Great Britain. 5th ed. London 1878.
Reyer, Aenderungen der Flufsläufe in Toscana. Ztfchr. d. Gefellfch. f. Erdk. z. Berlin. XVIII. 1883.
von Richthofen, China. Berlin 1877—1882.
„ Führer für Forfchungsreifende. Berlin 1886.
Rothpletz, Das Rheinthal unterhalb Bingen. Notiz in d. Ztfchr. d. deutfch. geol. Gefellfch. XXXVI. 1884, p. 694 f.
Rütimeyer, Ueber Thal- und Seebildung. 2. Aufl. Bafel 1874.
Schlagintweit, R., Ueber Erofionsformen der indifchen Flüffe. Ztfchr. f. allgem. Erdk. 1857.
Schneider, Studien über Thalbildung aus der Vorder-Eifel. Ztfchr. d. Gefellfch. f. Erdk. z. Berlin 1883, H. 1.
Simony, Ueber die Alluvialgebilde des Etfchthales. Sitzungsbericht d. Wien. Akad. d. Wiff., Math.-naturw. Klaffe, Bd. XXIV, 1857, S. 455 ff.
von Sonklar, Allgemeine Orographie. Wien 1873.
Sprung, Lehrbuch der Meteorologie. Hamburg 1885.
Stapff, Ueber Veränderungen im Abfluffe von Seen. N. Jahrb. f. Miner., Geol. u. Paläont. 1882, S. 110 ff.
Steinmann, Geolog. Führer der Umgegend von Metz. 4. Jahresbericht d. Ver. f. Erdk. zu Metz pro 1881, S. 79 ff.
Studer, Lehrbuch d. phyfik. Geographie u. Geologie. I. Bern 1844.
„ et **Escher**, Carte géologique de la Suisse. 2e éd. Winterthur.
Supan, Studien über die Thalbildung des öftlichen Graubündens und der Tiroler Centralalpen. Mittheil. d. Geogr. Gefellfch. zu Wien 1877.
„ Grundzüge der phyfifchen Erdkunde. Leipzig 1884.
Süss, Säkulare Schwankungen des Meeresfpiegels. Verh. d. k. k. geol. Reichsanft. 1880, S. 176 f.
„ Das Antlitz der Erde. I. Wien 1885.
Tasche, Erläuterungen zur geol. Specialkarte des Grofshrzgth. Heffen. Herausgeg. vom mittelrhein. geolog. Verein. — Sektion Schotten. Darmftadt 1859.
Theobald u. **Weilenmann**, Die Bäder von Bormio. I. St. Gallen.
Tietze, Die Tektonik des Albursgebirges. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanft. 1877, S. 375 ff.
„ Die Bildung von Querthälern. Ebendaf. 1878, S. 581 ff.; 1882, S. 685 ff.; Verhandl. d. k. k. Reichsanft. 1878, S. 212.
Tyndall, On the conformation of the Alps. Philos. Magaz. 1864, p. 255 ff.
Velain, Les terrains stratifiés et les failles du Morvan. Bullet. Soc. Géol. de France. S. 3, T. VII, p. 766 ff.
Vilovo, Das feitliche Rücken der Flüffe. Gäa XVII.
Vogelgesang, Geologifche Ausflüge in den Schwarzwald. Ausland 1870, S. 439 ff., 463 ff.

Warren, Valley of the Minnesota river and of the Mississippi river etc. Amer. Journ. of Science and Arts. III. Ser., Vol. XVI, 1878, p. 417 ff.

van Werwecke, Notiz in der Ztschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XXXIII, 1881, S. 512 f.

Wood, Verschiedene Abhandlungen im Geol. Magaz. III, 1866; Quart. Journ. Geol. Soc. 1867, 1871.

Zöppritz, Ueber den angeblichen Einfluss der Erdrotation auf die Gestaltung von Flussbetten. Verhandl. d. 2. deutsch. Geographentages. Berlin 1882.

Geologisk Öfversigtskarta öfver Sverige, utg. af sver. geol. Undersökning.

Geologisk Oversigtskart over det sydlige Norge. Herausgeg. von der geol. Untersuchung 1878.

Einleitende Bemerkungen.

Den beiden grofsen Faktoren, welche das Antlitz der Erde geſtalten, dem inneren Bau der Erdrinde und der Einwirkung der Atmoſphäre auf dieſelbe, hat ſich in unſerer Zeit das wiſſenſchaftliche Intereſſe in hohem Maſse zugewendet. Trotzdem iſt man in dem Studium beider Faktoren in vielen Punkten noch weit von einer Klärung der Anſichten, von einer Einigung ſelbſt über Hauptfragen entfernt. Da iſt es nicht wunderbar, daſs noch manche Lücke in unſerer Kenntniſs unbeachtet geblieben, daſs noch manche wichtige Frage kaum geſtreift iſt. Eine Entſcheidung in den Grundfragen darf man aber nur von dem möglichſt vollſtändigen und tiefen Erfaſſen auch der Einzelerſcheinungen erhoffen. Auf einen ſolchen noch wenig bearbeiteten Gegenſtand hinzuweiſen, ſoll im Folgenden verſucht werden. Nicht eine erſchöpfende Behandlung, ſondern nur ein Aufſuchen und Anregen der ſich darbietenden Probleme iſt beabſichtigt, und dies Bemühen wird, ſo hoffe ich, um ſo weniger ganz fruchtlos ſein, als der gewählte Gegenſtand, von jedem der beiden geſtaltgebenden Faktoren der Erdoberfläche bedingt, für das Verſtändniſs des Reliefs der Erde von der höchſten Bedeutung iſt.

Bei dieſer Arbeit erfreute ich mich der freundlichſten Belehrung und Anregung von Seiten der Herren Profeſſoren Freiherrn von Richthofen und Oberbergrath Credner, welchen ich an dieſer Stelle meinen herzlichſten Dank ausſpreche. — Durch eigene Anſchauung habe ich das Rheiniſche Schiefergebirge, den Harz, das Erzgebirge und gröfsere Theile der Alpen (namentlich die S. 81—92 beſprochenen Thalwaſſerſcheiden des Ofener Gebirges und ſeiner Nachbarſchaft) kennen gelernt, während ich bei Behandlung der anderen in dieſer Arbeit berührten Gebiete auf die Benutzung der Literatur angewieſen war.

Definition. In den folgenden Ausführungen ſollen die Waſſerſcheiden einer Betrachtung unterzogen werden. Eine Definition des Begriffs „Waſſerſcheide“ giebt von Sonklar:[1] „Die Grenzen zweier Stromgebiete gegen einander werden durch die Waſſerſcheide gebildet. Da nun an der Waſſerſcheide nicht überall Quellen vorkommen, mit deren Hülfe ihre Lage ausgemittelt werden könnte, ſo geſchieht dies, theoretiſch wenigſtens, dadurch viel genauer, daſs man die Waſſerſcheide als jene Linie definirt, an welcher der Abfluſs nach zwei verſchiedenen Richtungen vor ſich geht. Jeder Punkt, der auf ſolche Art den Ort anzeigt, an welchem die beiden entgegengeſetzten Abdachungen des Bodens zuſammentreffen, wird ein Waſſertheiler genannt. Alle Waſſertheiler mit einander verbunden geben die Waſſerſcheide.“ In dieſen Sätzen ſind zwei grundverſchiedene Definitionen zuſammengebracht. Die Waſſerſcheide iſt das eine Mal die Grenze zweier Stromgebiete, das andere Mal die Grenze zweier Abfluſsrichtungen oder Abdachungen. Stromgebiet und Abfluſsrichtung iſt aber nicht daſſelbe. Zwei Abfluſsrichtungen können einem Stromgebiete angehören (ſo z. B. die nördlichen ebenſo wie die ſüdlichen Tauernthäler dem Gebiete der Donau), und andererſeits kann eine Abfluſsrichtung zwei verſchiedenen Stromgebieten zukommen (z. B.: die nördlichen einander parallelen Thäler des Thüringerwaldes ſind theils der Weſer, theils der Elbe tributär). Nach der zweiten Definition würden daher die Kämme der Tauern und des Thüringerwaldes Waſſerſcheiden ſein, nach der erſten nicht.

Wir haben alſo zwiſchen zwei Definitionen, in der That den allein möglichen, die Wahl.

Folgen wir zunächſt der erſten: Waſſerſcheide ſei die Grenze zweier Stromgebiete.[2] Da müſsten wir wieder den Begriff „Stromgebiet“ feſtſtellen: ſind die Gebiete der Nebenflüſſe als geſonderte Stromgebiete zu betrachten oder nicht? Wenn wir auch geneigt wären, den gröſseren Nebenflüſſen eigene Stromgebiete zuzuerkennen, wüſsten wir doch nicht die Grenze zu fixiren, welchem Nebenfluſs wir noch ein Stromgebiet zutheilen ſollen, welchem nicht, und wir würden ſchlieſslich dazu geführt, konſequenter Weiſe jeden Bergrücken, der ſich zwiſchen zwei Bächlein erhebt, als Waſſerſcheide zu betrachten. Damit wäre aber die zweite Definition zur Anwendung gebracht. Wenn wir alſo bei der erſten verbleiben wollen, ſo können wir folgerichtig nur das ganze Gebiet, welches durch einen ein-

[1] Orographie. S. 150.
[2] Dieſelbe giebt auch ſchon Studer, Phyſ. Geogr. I, S. 98.

zigen Kanal in das Meer oder einen abflufslofen Binnenfee entwäffert wird, als „Stromgebiet“ bezeichnen, deffen Grenze allein Waffcrfcheide genannt werden dürfte. Damit hätten wir aber eine künftliche und drückende Befchränkung eingeführt. Wir würden z. B. zwifchen Rega und Perfante, da fie felbftftändig die Oftfee erreichen, eine Waffcrfcheide konftatiren müffen, nicht aber zwifchen Salzach und Drau; und doch wie gewaltig ift die Bedeutung der Hohen Tauern als Scheide zwifchen Nord- und Südabhang der Alpen! Und wird diefelbe dadurch etwa unter die Bedeutung der Scheide zwifchen Rega und Perfante herabgedrückt, dafs die Gewäffer der beiden Abhänge fich weit draufsen in der ungarifchen Tiefebene, in einem ganz anders gebauten Erdgebiete vereinigen, ein Umftand, mit dem der Tauernkamm in keinem urfächlichen Zufammenhange fteht? Eine folche künftliche Befchränkung würde eine wiffenfchaftliche Behandlung der Waffcrfcheiden unmöglich machen. Ferner befteht ein gröfseres Stromfyftem, das die abweichendft gebauten Erdräume umfafst, in der Regel aus den verfchiedenartigften und verfchiedenaltrigften Gliedern, und demgemäfs ift auch feine Grenzlinie aus nach Alter und Befchaffenheit verfchiedenften und von einander unabhängigften Abfchnitten zufammengefetzt. Eine Behandlung einer folchen zufammengefetzten Waffcrfcheide als Einheit ift alfo unftatthaft. — Aus diefen Gründen ift die Definition der Waffcrfcheide als der Grenzlinie eines Stromgebietes — d. h. eines Gebietes mit einem einzigen Abfluls zum Meer oder einem Binnenfee — für wiffenfchaftliche Zwecke nicht wohl anzuwenden.

Dagegen ift die zweite Definition fehr weit. Ihr zufolge ift Waffcrfcheide die Grenzlinie zweier Abflufsrichtungen. Demnach ift jeder Kamm eines noch fo unbedeutenden Erdwalles ebenfo gut eine Waffcrfcheide, als etwa der Kamm der Anden, der die Zuflüffe des Atlantifchen und Grofsen Oceans fcheidet. Und in der That mit Recht. Denn in der Natur giebt es auch hier keinen Unterfchied im Wefen zwifchen Grofs und Klein, fondern nur in den Dimenfionen und der Bedeutung für die Allgemeinheit. Wie der kleinfte Waffcrfaden denfelben Gefetzen folgt, wie der Riefenftrom, fo unterliegt die kleinfte wie die gröfste Waffcrfcheide denfelben Bedingungen und Einflüffen. Zwar läuft man Gefahr, bei Annahme diefer weiten Definition fich in der Unendlichkeit der Vorkommniffe zu verlieren, und es mufs aus der übergrofsen Anzahl der Objekte für die Betrachtung eine Auswahl getroffen werden; aber das ift nicht Sache der Definition, welche im Gegentheil die Aufgabe hat, alle gleichartigen Gegenftände auch unter denfelben Begriff und Namen zu vereinigen. Alfo: Waffcrfcheide ift jede Linie, welche zwei verfchiedene Richtungen des

oberflächlichen[1]) Abfluſſes der Gewäſſer von einander ſcheidet, oder mit anderen Worten: jede Linie, in der ſich zwei Gefällsrichtungen der Erdoberfläche nach oben zu ſchneiden.[2]) Die Waſſerſcheide iſt alſo in der Lehre von der Erdoberfläche, was die Sattellinie in der tektoniſchen Geologie.

Wie leicht begreiflich, läſst ſich eine Betrachtung der Waſſerſcheiden nicht anſtellen, ohne zuweilen den ſtreng mathematiſchen Begriff einer Linie zu verlaſſen und die beiden Gehänge mit in das Geſammtbild hineinzuziehen. Dadurch erweitert ſich der Gegenſtand von der mathematiſchen waſſerſcheidenden Linie zu dem körperlichen waſſerſcheidenden Höhenrücken.

In unſerem Sinne trägt alſo jeder Bergkamm und jeder Hügelrücken eine Waſſerſcheide. Von jedem ſtrömen ja die meteoriſchen Gewäſſer in entgegengeſetzter Richtung herab zur nächſten Thalrinne; in dieſer vereinigen ſie ſich zu einem gröſseren Rinnſal. Die unzähligen Waſſerſcheiden, welche demnach ein beſtimmtes Gebiet beſitzt, ſind nun aber durchaus nicht äquivalent, ſondern es findet unter ihnen eine gewiſſe Rangordnung in der Bedeutſamkeit ſtatt, welche bedingt wird durch die Schickſale der getrennten Gewäſſer, die ſich in den Thalrinnen zu beiden Seiten der Waſſerſcheide ſammeln. Die Waſſerſcheide iſt um ſo wichtiger, je gröſser der Winkel zwiſchen den Abfluſsrichtungen der beiden getrennten Thalrinnen iſt, alſo am wichtigſten, wenn dieſelben in entgegengeſetzter Richtung abflieſsen; ferner wächſt die Bedeutung der Waſſerſcheide mit der Entfernung, auf welche hin die geſchiedenen Abfluſsrichtungen konſtant und getrennt bleiben. Mit anderen Worten: je ſelbſtſtändiger und abweichender die geſchiedenen Abfluſsrichtungen oder -Syſteme ſind und je weiter ſie ſich erſtrecken, deſto bedeutſamer iſt die ſie trennende Waſſerſcheide.

---

[1]) Auf die unterirdiſchen Kommunikationen der Gewäſſer kann, da wir es hier nur mit Oberflächenerſcheinungen zu thun haben, bei Betrachtung der Waſſerſcheiden keine Rückſicht genommen werden, ſobald ſie mit dem Oberflächenrelief ſich nicht in Uebereinſtimmung befinden oder auf dieſes rückwirken (ſ. S. 71.)

[2]) Boussinesq (Essai etc. S. 169) giebt folgende mathematiſche Definition mit weſentlich demſelben Sinne: „Les deux lignes de plus grande pente issues des deux bouts d'une section convergeront encore rapidement l'une vers l'autre en un faisceau étroit qui comprendra toutes les lignes de plus grande pente émanées des sections inférieures. Un faisceau pareil, convergent quand on le parcourt de bas en haut, mais divergent quand on le parcourt de haut en bas, prend le nom de faîte, si l'on n'y comprend en chaque endroit que des lignes encore assez groupées pour qu'il n'ait qu'une largeur totale imperceptible. . . . Tout faîte sera évidemment une ligne de plus grande pente de laquelle se détacheront en chacun de ses points deux lignes de plus grande pente ordinaires, l'une à sa droite et l'autre à sa gauche.“ — „Faîte“, hier im Gegenſatz zu „thalweg“, = Waſſerſcheide im Sinne unſerer Definition.

In jedem gröfseren, durch gemeinfamen Charakter des Baus von den Nachbargebieten unterfchiedenen Erdraum laffen fich einige wenige Hauptabflufsfyfteme einander gegenüberftellen; die diefe Syfteme trennenden Waffcrfcheiden find die Hauptwaffcrfcheiden des betreffenden Gebietes, im Gegenfatz zu den Waffcrfcheiden zwifchen den kleineren Gliedern der einzelnen Abflufsfyfteme deffelben Gebietes, die nur lokale Bedeutung befitzen. Die Hauptwaffcrfcheiden pflegt man auch kurz als Waffcrfcheiden fchlechthin des betreffenden Gebietes zu bezeichnen. — Wenn z. B. eine Gebirgsmaffe von einem Fluffe durchbrochen wird, fodafs diefer die Abflüffe beider Seiten des Gebirges in fich aufnimmt, fo bleiben die von dem Gebirgskamme gefchiedenen Abflufsrichtungen auf zu geringe Strecken felbftändig und konftant, als dafs wir fie als gefonderte Flufsfyfteme und damit den Gebirgskamm als eine Hauptwaffcrfcheide bezeichnen könnten. Wenn dagegen das Gebirge nicht durchbrochen wird, aber die gefchiedenen Gewäffer fich aufserhalb des Gebirges vereinigen, fo können wir doch mit mehr Recht den Kamm deffelben als eine Hauptwaffcrfcheide anfehen und ihn kurzweg als „waffcrfcheidend“ bezeichnen. Immerhin ift der Begriff der Hauptwaffcrfcheide fehr häufig dem fubjectiven Ermeffen unterworfen.

Die Hauptwaffcrfcheiden find es, vornehmlich, welche durch ihre Lage und ihre Geftaltung für das Relief der Erdoberfläche von Bedeutung find. Die Frage nach ihrem Verlauf deckt fich vielfach mit der Frage nach den bedingenden Factoren der Abflufsrichtungen. So vielfach auch die Ströme in Bezug auf ihre Thätigkeit behandelt find, fo felten hat man die Urfachen ihrer Anordnung und Vertheilung zu erforfchen gefucht. In das Bereich diefer Fragen gehört die Behandlung der Waffcrfcheiden, die in der Literatur gewöhnlich nur gelegentlich mit einigen Worten geftreift werden.

Wenn man ihren Verlauf und ihre topographifche Erfcheinungsform in verfchieden gebauten Theilen der Erde vergleicht, fo findet man eine ungemeine Mannigfaltigkeit je nach dem tektonifchen Charakter des Landes. Aber auch in ähnlich geftalteten Gegenden erfcheinen häufig die Waffcrfcheiden höchft verfchiedenartig. Das weift fchon darauf hin, dafs Faktoren verfchiedenfter Art geftaltend auf die Waffcrfcheiden einwirken. Es find neben dem überall eigenartigen und abweichende Erfcheinungen bietenden Gebirgsbau jene mannigfachen, insgemein unter den Bezeichnungen „Verwitterung und Erofion“ zufammengefafsten Einwirkungen der Atmofphäre auf den feften Erdkörper, von welchen die Waffcrfcheiden abhängig find. Das Aufeinanderwirken diefer beiden in fich wieder vielgeftaltigen

Faktoren bedingt jene Mannigfaltigkeit, die es zu keiner Wiederholung des einmal Daſeienden kommen läſst.

Um die vielfachen Eigenſchaften der Waſſerſcheiden einer allgemeinen Behandlung zu unterwerfen, können wir die hierher gehörenden Erſcheinungen in zwei Kategorien theilen. Die eine umfaſst das Werden, die andere das Sein. Wir werden daher zunächſt die erſte Anlage der Waſſerſcheiden, dann ihre Konſtanz und Veränderlichkeit zu beſprechen haben; aus dieſen Faktoren ſind dann die topographiſche Geſtaltung und der Verlauf der Waſſerſcheiden die Folge; ihnen ſoll daher ein dritter und vierter Abſchnitt gewidmet werden.

Zweiter Abſchnitt.

Die Verſchiebbarkeit der Waſſerſcheiden.

A. Neigung der Waſſerſcheiden zur Beſtändigkeit.

a. Urſachen der Beſtändigkeit.

Die erſte Anlage der Waſſerſcheiden behält durch alle ferneren Zeiten hindurch deswegen eine ſo groſse Bedeutung, weil es ſehr ſtarker Kräfte bedarf, um ſie von den einmal eingenommenen Stellen zu verſchieben. Denn die Waſſerſcheide beſitzt eine ſehr bedeutende paſſive, ſelbſterhaltende Kraft [1]). Die Urſache iſt ſehr leicht verſtändlich. Die Waſſerſcheide empfängt nur das aus der Atmoſphäre herabfallende Regenwaſſer, aber keinen Zufluſs von geſammelten Gewäſſern aus anderen Gegenden. Die Eroſion des in Rinnen flieſsenden Waſſers iſt daher auf der waſſerſcheidenden Linie ſelbſt = 0 und wächſt, je weiter wir uns von ihr entfernen durch das Stärkerwerden der Waſſervolumina. Sind daher die Linien der Waſſerrinnen die Linien maximaler Eroſion, und zwar in deſto höherem Grade, je ſtärker die in ihnen geſammelte Waſſermaſſe iſt, ſo ſtellen die Waſſerſcheiden im Gegentheil die Linien minimaler Eroſion dar. Sowohl die Fluſslinien als die Waſſerſcheidelinien beſitzen in Folge dieſer Eigenſchaften das Beſtreben, ihre einmal eingenommene Lage mit groſser Zähigkeit feſtzuhalten. Die Flüſſe befeſtigen ſich durch tieferes Einſchneiden ſelbſt ihren Kanal immer mehr, ſodaſs ein Verlaſſen deſſelben unmöglich wird; jeder Serpentine nach rechts, die ſich im Laufe des Tiefereinſchneidens durch irgend welche Urſache ausgebildet hat, entſpricht als unmittelbare Folge eine Serpentine nach links. Es findet alſo ein pendelähnliches Schwanken des Fluſslaufes

[1]) Vergl. Maw, Geolog. Magaz. III. 1866. p. 441, 445. — Gilbert, Henry Mts. p. 138. — Tietze, Jahrb. Reichsanſt. 1878.

um eine bis zu einem gewiſſen Grade unveränderliche Mittellinie ſtatt[1]). Doch iſt dieſe Neigung zur Konſtanz bei den Flufsläufen nur beſchränkt auf diejenigen Punkte, wo Einſchneiden oder wenigſtens keine Ablagerung ſtattfindet. Wo ein Fluſs dagegen Schwemmland abſetzt, zeigt er im Gegentheil die Gewohnheit, ſeinen Lauf von Zeit zu Zeit zu ändern. Bei den Waſſerſcheiden iſt dagegen die Neigung zur Konſtanz eine viel unbeſchränktere, da ſie ſtets die Linien geringſter Eroſion ſind. Nehmen wir ſelbſt an, daſs die Verwitterung auf exponirten Waſſerſcheiden eine viel ſtärkere ſei, als in den tiefer gelegenen Gegenden, ſo vermag dies den Unterſchied nicht auszugleichen. Denn es fehlt das Transportmittel für die gröberen Verwitterungsprodukte; ſo wenig wie Korraſion, kann Transport ſtattfinden, wo das flieſsende Waſſer fehlt. Auf den Waſſerſcheiden iſt alſo nicht bloſs keine Korraſion, ſondern auch das durch Verwitterung gelieferte Trümmermaterial häuft ſich, ſo weit es nicht der Wind oder Nachſtürze oder der ſpülende Regen entfernen, und ſo weit Platz vorhanden iſt, auf ihnen an. Breite, nicht zugeſchärfte Waſſerſcheiden bieten daher ſo häufig das Bild der furchtbarſten Trümmerwildniſſe; man denke nur an die bedeutenderen Alpenpäſſe! Trümmermaſſen aber ſchützen wiederum den Untergrund einigermaſsen vor weiterer Verwitterung. Die Waſſerſcheiden, der Eroſion gar nicht, der Verwitterung nur beſchränkt ausgeſetzt — während anderswo beide Faktoren ſich in die Hände arbeiten — werden daher, je ſtärker in einem Gebiete die Eroſion arbeitet, deſto mehr aus der allgemeinen Abtragung als relative Erhebungen hervorragen; mit dieſer Neigung zum Hervortreten über die Umgebung iſt eine Befeſtigung ihrer Lage verbunden. So lange alſo in einem Gebiete Eroſion ſtattfindet, bleiben die Waſſerſcheiden gegen die Abtragung ihrer Umgebung zurück; hat die Eroſion überhaupt aufgehört, ſo fehlen von den Kräften, welche Verſchiebungen hervorrufen können, wenigſtens alle diejenigen eroſiver Natur.

b. Durch die Beſtändigkeit erzeugte Gegensätzlichkeit zwischen dem Verlauf der Wasserscheiden und der heutigen Bodengestalt.

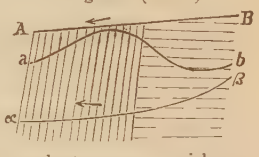
Dieſe Eigenſchaft der Waſſerſcheiden und der Flufsläufe, ſich möglichſt auf der ihnen einmal beim Auftauchen aus dem Meere angewieſenen Stelle zu erhalten, hilft manche Erſcheinungen der Erdoberfläche erklären. Wir finden ja ſo häufig, daſs Waſſerſcheiden und Abflufsrichtungen im Widerſpruch mit dem heutigen Relief des Landes erſcheinen. In ſehr vielen Fällen haben wir anzunehmen, daſs das heutige Relief ein anderes iſt

[1]) Ueber Konſtanz der Flufsläufe vergl. Dutton, Tertiary history etc. p. 72.

als das zur Zeit der Anlage der Waſſerſcheiden beſtehende, und daſs die Veränderungen, welche vor ſich gegangen ſind, zwar das Relief gründlich umgeſtaltet, aber doch ſo langſam und wenig intenſiv ſich entwickelt haben, daſs die hydrographiſchen Linien ihrer Neigung zur Beharrlichkeit folgen und ſich in ihren Stellungen durch alle Veränderungen hindurch behaupten konnten. Dieſe Reliefveränderungen können ſowohl durch Eroſion ſelbſt, als durch tektoniſche Vorgänge verurſacht ſein.

Durch Eroſion kommen häufig Differenzen in der Widerſtandsfähigkeit der Geſteine, die vorher in der Tiefe verborgen waren, zum Ausdruck in der äuſseren Bodengeſtalt. Härtere Maſſen werden aus weicheren zu Höhenrücken herauspräparirt und umgekehrt weichere aus härteren entfernt, ſodaſs Vertiefungen zurückbleiben. Dieſe durch die Eroſion ſelbſt hervorgerufenen Differenzirungen können neue Waſſerſcheiden und Fluſsläufe ſchaffen oder die beſtehenden von ihrer Stelle rücken (ſ. S. 70). Aber es fehlt auch nicht an Beiſpielen auf der Erde, wo die Neigung zur Konſtanz dieſen Einflüſſen zum Trotz Sieger geblieben iſt. Dahin gehören viele „Durchbruchsthäler“, und zwar von ſolchen Flüſſen, welche von niedrigeren, aus weicheren Geſteinen zuſammengeſetzten Gegenden kommend höhere und härtere Maſſen in engen Thälern durchbrechen, ohne daſs die härteren Geſteine gegenüber den weicheren durch ſpätere Dislokationen in höhere Lage gekommen wären. In ſolchen Fällen iſt anzunehmen, daſs die Flüſſe urſprünglich über eine gleichförmig geneigte Oberfläche dahinfloſſen; erſt durch ihr Tiefereinſchneiden wurden die an Härte differirenden Geſteine erreicht und durch verſchieden ſtarke Abtragung ein der konſtant gebliebenen Fluſsvertheilung, welche durch die frühere, jetzt zerſtörte Oberfläche bedingt war, widerſprechendes Relief geſchaffen (Fig. 10). Auf ſolche Weiſe wurde von Beete Jukes die eigenthümliche Fluſsvertheilung in Südweſt-Irland erklärt [1]). Ramsay [2]) nimmt an, daſs die oberrheiniſche Tiefebene vor der Entſtehung des Rheinthales zwiſchen Bingen und Bonn bis zu den Uferhöhen des Binger Lochs von miocänen Schichten angefüllt geweſen ſei. Ueber dieſe und die niederrheiniſche Devonſcholle ſei der Rhein hinweggefloſſen und erſt in dem Maſse, wie er ſein Thal in den harten Grauwacken und Schiefern vertiefte, habe er Gelegenheit erhalten, die miocänen Schichten des Oberlaufs zu entfernen.

Fig. 10. (Profil.)



harte Geſteine. weiche

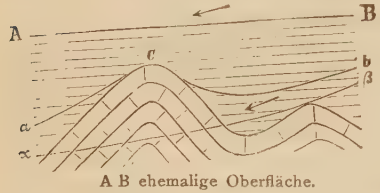
A B ehemalige Oberfläche.
a b heutige „
α β heutiger Fluſslauf.

1) Quart. Journ. 1862. p. 391 ff.
2) Quart. Journ. 1874. p. 92 ff.

Das Reſultat iſt das räthſelhafte enge Durchbruchsthal durch das Schiefergebirge unterhalb der weiten oberrheiniſchen Tiefebene! Wie weit dieſe Annahme begründet iſt, wage ich nicht zu entſcheiden.

Eine verwandte Erſcheinung iſt die Epigeneſis der Thäler[1]), d. h. das Fortbeſtehen der Flußläufe und Waſſerſcheiden nach Abtragung des Schichtenſyſtems, in dem ſie entſtanden ſind (Fig. 11). Die epigenetiſchen Thäler (superimposed valleys nach Powell) ſind alſo hauptſächlich auf Abraſionsflächen zu erwarten, die ehemals von transgredirenden Schichten bedeckt waren. Dieſe werden entfernt und die hydrographiſchen Linien erſcheinen unabhängig von dem jetzt entblößten Grundgerüſt.

Fig. 11. (Profil.)



A B ehemalige Oberfläche.
a c b heutige „
α β heutiger Flußlauf.

Eins der großartigſten Beiſpiele der Art ſcheinen die öſtlichen Ketten der Rocky Mountains im Staate Colorado zu ſein, wo zahlreiche Durchbruchsthäler vorkommen. Hier iſt die Entwäſſerung nicht abhängig von der Struktur der tieferen, gefalteten Schichten, ſondern bedingt durch die ehemals darüber lagernden Sedimente, deren Schichtenköpfe jetzt nur noch am Fuſse des Gebirges aufragen[2]). Aehnliche Fälle werden aus dem Himalaya berichtet[3]). In den Ardennen ſcheint das Durchbruchsthal der Amblève durch das ſiluriſche Maſſiv des Hohen Venn auf Epigeneſis zu beruhen; wenigſtens finden wir bei Malmedy, Stavelot und Basse-Bodeux noch einzelne Flecken von Buntſandſtein transgredirend auf dem Silur aufliegen, welche auf eine ehemals ausgedehntere Bedeckung hindeuten.

Ueberwindung von Dislokationen durch die Flüſſe. Eine viel bezweifelte Behauptung iſt die, daſs Flüſſe auch Veränderungen im Relief, welche durch tektoniſche Bewegungen in der Erdrinde erzeugt werden, überwinden können. Es handelt ſich darum, eine von den eben beſprochenen abweichende Art von Durchbruchsthälern zu erklären. Man findet häufig Gebirge, die, obwohl ſie an Ausdehnung und Höhe zu den gewaltigſten der Erde zählen, dennoch keine irgend bedeutende Waſſerſcheide tragen, indem ſie von einem oder mehreren Flüſſen durchſetzt werden, welche im Hintergrunde des Gebirges gelegenen Niederungen oder doch weniger hohen Bergländern entſtammen.

[1]) v. Richthofen, Führer. S. 174.
[2]) Powell, Colorado. p. 164, nach Marvine.
[3]) v. Richthofen, Führer. S. 175; Medlicott a. Blanford. p. 562.

Diefe tiefere Lage der Gebiete des Oberlaufes gegenüber denen des Unterlaufes ift aber nicht das Produkt der Erofion, wie in den beiden erften befprochenen Fällen, fondern durch tektonifche Vorgänge hervorgebracht. Zuweilen liegt nicht nur die dem Durchbruchsthal vorhergehende Stromftrecke, fondern fogar die Quelle des Stromes niedriger als der durchbrochene Gebirgskamm. Das widerfpricht auf den erften Blick dem Grundgefetze, dafs die Gewäffer bei ihrer Entftehung der natürlichen Abdachung des Landes folgen. Den Spaltentheoretikern war hier eine Erklärung leicht. Seitdem man aber durch die glänzenden Widerlegungen der Spaltennatur der meiften Thäler durch Dana[1]), R. Schlagintweit[2]), Tyndall[3]), Ramsay[4]), Rütimeyer[5]), Heim[6]), Tietze[7]), Löwl[8]) gelernt hat, dafs man nicht willkürlich Spalten annehmen darf, um Thäler zu erklären, fondern dafs erft eine Spalte durch den geologifchen Befund konftatirt werden mufs, ehe man fie zu Erklärungen verwenden kann, hat fich faft überall gezeigt, dafs von einer Spaltennatur der meiften Thäler keine Rede fein kann. So hat man auch an den bisher unterfuchten Durchbruchsthälern wohl noch nie eine Spalte, dagegen fehr häufig ihren erofiven Urfprung nachzuweifen vermocht.

Für die Erklärung eines Durchbruchsthales durch Erofion ftehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, von denen zwei fchon erwähnt wurden. Die dritte hier in Betracht zu ziehende Möglichkeit ift die, dafs der Flufs älter ift als das Gebirge und fich während des Aufftеigens deffelben durch fortwährendes Tiefereinfchneiden in feiner Lage behauptet hat. Diefe Annahme wurde von Powell[9]) eingeführt und von ihm, Gilbert[10]) und Dutton[11]) auf mehrere amerikanifche, von Melicott[12]) auf indifche Vorkommniffe angewendet, in Europa zuerft von Rütimeyer[13]) und Kollbrunner[14]) angedeutet und von Tietze[15]) näher begründet. Löwl[16]) dagegen leugnet, dafs überhaupt Erofion jemals

---

[1]) Geological Report. 1849. — Manual of Geology. 1863.
[2]) Zeitfchr. f. Allg. Erdk. 1857.
[3]) Philof. Mag. 1864. p. 255 ff.
[4]) Ebendaf. p. 293.
[5]) Thal- u. Seebildung.
[6]) Mechanismus etc. I.
[7]) Verhandl. geol. Reichsanft. 1878, S. 212. — Jahrb. derf. 1878, S. 581 ff; 1882, S. 685 ff.
[8]) Thalbildung. 1884.
[9]) Colorado River. p. 152 ff.
[10]) Henry Mts. p. 124.
[11]) Tertiary history. p. 72.
[12]) Medlicott and Blanford, Manual. p. 678.
[13]) Thal- und Seebildung. S. 103.
[14]) Morphologie. S. 39.
[15]) An den angeführten Orten.
[16]) Petermann's Mittheil. 1882, S. 405 ff. — Thalbildung. S. 90 ff.

eine ſich bildende Dislokation überwinden könne. Wenn z. B. eine Falte in einem Flufslaufe aufſtiege, würde dadurch das Gefälle oberhalb derſelben vermindert und die Eroſion lahm gelegt. Ich glaube, dafs Löwl darin zu weit geht, mit ſo gutem Recht er auch gegen die übermäfsige Verallgemeinerung der Powell-Tietze'ſchen Erklärungsweiſe auftritt. Er überſieht, dafs in dem Mafse, wie das Gefäll oberhalb des Hinderniſſes abnimmt, es unterhalb zunimmt.

Ein Flufs vermag, wenn er mit grofser Stofskraft ankommt, eine kurze Strecke weit auch bergauf zu erodiren; er kann alſo beim erſten Entſtehen einer Falte, falls ihre Amplitude ſehr klein iſt, ſie auch von oben her abhobeln (Fig. 12, Längsſchnitt). Wenn aber die Faltenbildung wächſt und gröfsere Flächenräume in ſie hineingezogen werden, oder wenn ſie gleich mit grofser Amplitude beginnt, dann wird allerdings die Eroſion von oben her aufgehoben und das Waſſer ſtaut ſich oberhalb der Falte; aber unterhalb des Hinderniſſes entſteht eine Stromverſtärkung; hier wird die Eroſion vermehrt, da der Flufs über ſeine terminante Kurve [1]) hinausgehoben iſt und nun danach ſtrebt, ſie wieder auszuarbeiten. Er arbeitet deſto ſtärker, je ſchneller das Aufſteigen vor ſich geht, wenn es nur nicht ſo ſchnell erfolgt, dafs die Aufſtauung dem Fluſſe ganz andere Bahnen öffnet, ehe das Hinderniſs durchſägt iſt. Da dieſe Strecke ſtarker Eroſion ſich allmählich nach aufwärts verlegt, kann durch dieſe Art rückwärtsſchreitender Eroſion der aufſteigende Gebirgstheil durchſägt werden (Fig. 13).

Fig. 12. (Längsprofil.)

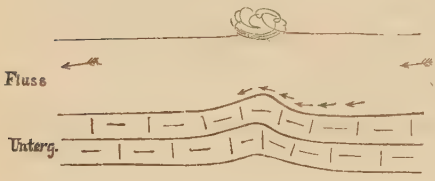
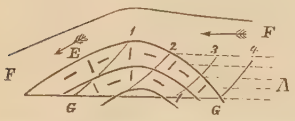


Fig. 13. (Längsprofil.)



F Fluſs. G Geſtein. A Ablagerungen im geſtauten Waſſer oberhalb der Falte. E Strecke ſtarker Eroſion. 1—4 Stadien des Rückſchreitens derſelben.

Das Einſchneiden in eine aufſteigende Falte iſt alſo, wenn auch wohl nicht ganz im Tietzeſchen Sinne, doch durch rückwärtsſchreitende Eroſion möglich. Der Vorgang iſt hier im Grunde derſelbe, wie ihn auch Löwl bei ſeiner rückſchreitenden Eroſion annimmt: das Ausarbeiten der Terminante; nur mit dem Unterſchiede, dafs es ſich hier

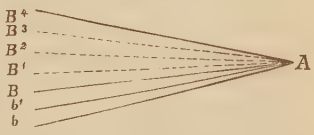
[1]) Vergl. meinen Aufſatz in Petermann's Mittheil. 1886, S. 67 ff.

um entwickelte Ströme mit flacher Terminante, bei Löwl dagegen um die Arbeit ſchwacher Quellbäche (alſo mit ſehr ſteiler Terminante) handelt. Daſs letztere Bedingung für die Gröſse der zu leiſtenden Arbeit eine ungünſtigere iſt, iſt leicht erſichtlich.

Daſs derſelbe Vorgang möglich iſt, wenn anſtatt einer Falte eine Gebirgsmaſſe an Verwerfungen aufſteigt, ſobald man nur, wie man nach den neueren Lehren wohl thun kann, auch an Brüchen die Bewegungen als genügend langſam oder in hinreichend kleinen Rucken ſich abſpielend vorausſetzt, bedarf wohl keiner näheren Auseinanderſetzung. Der Vorgang wird in ſeinem Weſen ebenfalls nicht verändert, wenn die Bewegung an den Brüchen in ſo ſtarken Rucken erfolgt, daſs ſich jedesmal dahinter erſt ein See bildet, deſſen Ausfluſs dann das Hinderniſs durchſägt. In dieſem Fall iſt die Aufſtauung nur graduell von derjenigen verſchieden, die ſich jedesmal im Fluſslauf oberhalb des Hinderniſſes bildet; auch hier iſt es das Streben des Fluſſes, ſich zu ſeiner Terminante wieder herabzugraben, wenn er über ſie erhoben wurde, welche das Durchſägen des Hinderniſſes, und zwar durch rückſchreitende Eroſion, bewirkt. Nur darf die Aufſtauung nicht ſo ſtark ſein, daſs der See einen Abfluſs nach einer anderen Seite erhält.

Nahe mit der Ueberwindung von Dislokationen dieſer Art iſt der Vorgang verwandt, daſs ſich Flüſſe in ihren Bahnen trotz entgegengeſetzter Neigung der ganzen Schichttafeln ihres Untergrundes behaupten. Das groſsartigſte Beiſpiel hierfür iſt der Colorado. Zerlegen wir den Proceſs, der in Wahrheit ein mehr oder minder kontinuirlicher iſt, zum leichteren Verſtändniſs in einzelne Phaſen. In Fig. 14 ſei AB die Oberfläche eines Schichttafellandes, entſprechend dem Einfallen der Schichten von A nach B geneigt. Es liegt auf dieſem Plateau eine Strecke eines Fluſſes, der naturgemäſs auch von A nach B herabflieſst und ſein Bett bis zu ſeiner terminanten Kurve A b vertieft hat.

Fig. 14.



Nun findet eine Hebung von B nach B^1 ſtatt, während A in Ruhe bleibt; demgemäſs auch eine Hebung von b nach b^1, während A in Ruhe bleibt. Dadurch iſt zwar das Gefäll des Fluſſes vermindert, aber die Richtung des Gefälles iſt noch immer die von A nach B. Iſt nun die Eroſionsbaſis des Fluſſes (z. B. das Meeresniveau) unverändert geblieben, dann entſteht an der Grenze zwiſchen dem gehobenen und nicht gehobenen Gebiet (in der Fig. in BB^1) eine überſteile Stelle mit ſtarker Eroſion, und indem dieſe Thalſtufe ſich nach rückwärts verſchiebt, ſtellt der Fluſs allmählich wieder ſeine frühere Kurve A b her, d. h. er arbeitet

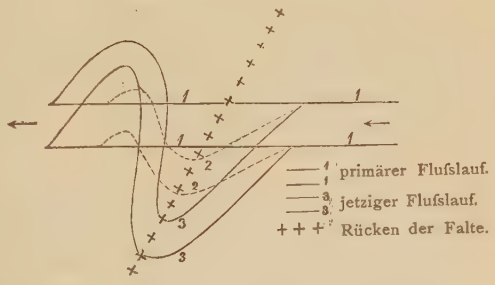
ſich zum früheren Niveau hinab, während die Schichtenſtellung eine andere geworden iſt. Nun kommt eine zweite Hebung: B^1 kommt nach B^2 und b wieder nach b^1; die Schichten liegen jetzt zwar horizontal, aber das Fluſsbett hat noch das Gefälle von A nach B; es gräbt ſich wieder auf A b herunter; und ſo geht es weiter: in der nächſten Phaſe nehmen die Schichten die Lage AB^3, zuletzt AB^4 an. Nun haben ſie ein entſchiedenes Einfallen von B^4 nach A bekommen, und doch flieſst der Fluſs von A nach b. Vorausgeſetzt iſt, daſs die Pauſen zwiſchen den einzelnen Phaſen ſo groſs ſind, daſs der Fluſs ſich immer wieder auf ſeine Terminante eingraben kann, oder wenn wir dies auf den Fall der kontinuirlichen Hebung überſetzen: der Fluſs kann ſeine Richtung trotz eines ſich bildenden entgegengeſetzten Schichtenfallens behaupten, falls die Neigungsbewegung der Schichten nicht ſchneller vor ſich geht, als das dadurch erzeugte Wiedereingraben des Fluſſes. Es kommt alſo auch hier nur auf das Kräfteverhältniſs beider Thätigkeiten an, welche von ihnen Sieger bleiben ſoll.

Wirkungen der Dislokationen auf die Fluſsſyſteme. Iſt es auch, wie auseinander zu ſetzen verſucht wurde, möglich, daſs Flüſſe Dislokationen überwinden, ſo iſt es doch undenkbar, daſs ein Fluſsſyſtem unverändert aus einem ſolchen Kampfe hervorgehe. Es findet jedenfalls eine Art Anpaſſung des Fluſsſyſtems an die neuen Reliefverhältniſſe ſtatt und zwar aus zwei Urſachen. Erſtens ſind die Fluſsläufe des einer tektoniſchen Neubildung unterworfenen Gebietes ſehr ungleich an Eroſionskraft; ſie werden ſich daher ungleich gegen die Dislokation verhalten. Wenn z. B. eine Falte mehrere Waſſeradern kreuzt, ſo können ſich von dieſen vielleicht nur einige Hauptflüſſe in ihrer Richtung behaupten, während die ſchwächeren unterliegen. Dieſe folgen daher den neuen Abdachungen, entweder nur bis ſie auf die konſtant gebliebenen Ströme treffen und ſich mit ihnen vereinigen, oder ſie werden ganz anderen Abfluſsſyſtemen zugeführt. Zweitens ſind aber auch die Dislokationen an den verſchiedenen Stellen verſchieden ſtark; die Waſſerläufe, welche die ſchwächeren Stellen kreuzen, können ſich behaupten, während vielleicht an den Orten ſtärkerer Dislokation die Flüſſe überwunden und dadurch den glücklicheren, die ſich behaupten konnten, zugeführt werden als willkommene Verſtärkung. Wir finden dementſprechend häufig, daſs die Durchbrüche von Flüſſen durch Dislokationen ſich an den ſchwächſten Stellen der letzteren befinden. Bei einem ſolchen Kampfe zwiſchen Dislokationen und Flüſſen findet alſo unter den letzteren eine Art natürlicher Auswahl ſtatt, deren Folge in ſolchen Gebieten, wo ein derartiger Kampf ſtattfand, ein eigenthümlicher Gegenſatz in den Richtungen der gröſseren Ströme und der kleineren

Zuflüſſe iſt. Die erſteren verlaufen in der Richtung der früheren längſt verwiſchten Abdachung, während die kleineren dem heutigen Relief folgen. Solche Gegenſätze ſind in vielen Gegenden zu beobachten, z. B. in den Plateaus ſüdlich der Uintah Mts. (ſ. S. 121). Derſelbe Gegenſatz zeigt ſich auch meiſt in den Theilſtrecken eines gröſseren Fluſſes. Während der Unterlauf ſich behauptet, findet man den Oberlauf, wo ja die Eroſion ſchwächer iſt, in Abhängigkeit vom heutigen Relief. — Es iſt leicht erſichtlich, daſs durch eine ſolche Auswahl unter den Flüſſen die Bildung groſser Ströme begünſtigt wird, indem die ſchwächeren Flüſſe, die ſich den Dislokationen anpaſſen, durch dieſe ſelbſt den groſsen zugeführt werden, während ſie vorher vielleicht ſelbſtſtändig waren.

Neben dieſer allgemeineren, umgeſtaltenden Einwirkung der Dislokationen auf die Richtungen der Flüſſe findet auſserdem eine mehr lokale, an den Ort des Durchbruchs ſelbſt gebundene Beeinfluſſung ſtatt, die aber doch bedeutende Dimenſionen erreichen kann. Wenn nämlich eine Falte quer zu einem Fluſslauf gerichtet aufſteigt, ſo wird ſie in der übergroſsen Mehrzahl der Fälle nicht gerade rechtwinkelig zum Fluſslauf, ſondern in irgend einem gröſseren oder kleineren ſchiefen Winkel zu demſelben gerichtet ſein. Dadurch wird der Fluſs vor dem Rücken der Falte nach der Seite des ſtumpfen Winkels (von oberhalb gerechnet, auf der Fig. 15 nach links) abgedrängt. Hinter dem Rücken der Falte iſt die Böſchung mehr nach der anderen Seite (auf der Fig. rechts vom Fluſſe) gerichtet: die Waſſertheilchen werden dort mehr nach dieſer Richtung gedrängt und daher eine Biegung des Fluſſes in dieſem Sinne anſtreben. Das Reſultat iſt alſo, daſs ſich innerhalb der aufſteigenden Falte eine Fluſsſchlinge ausbildet, welche ihre konvexe Seite nach der Richtung wendet, wo der ſtumpfe Winkel zwiſchen Fluſs und Falte (vom Oberlauf des Fluſſes aus betrachtet) liegt. Je mehr die Falte ſteigt, deſto tiefer ſchneidet ſich der Fluſs in dieſelbe ein, unter ſteter Erweiterung der angelegten Schlinge. — Dieſelbe Wirkung entſteht, wenn — und das wird in der Regel der Fall ſein —

Fig. 15.



die Falte an einer Seite des Fluſſes etwas höher iſt als an der anderen, d. h. wenn der Fluſs nicht gerade an dem Kulminationspunkte der Falte, ſondern etwas nach ihren Enden gerückt liegt. Wenn der Unterſchied auch nur ein ganz minimaler iſt, ſo wird doch, wie ich glaube, der Fluſs beim Tiefereinſchneiden nach der niedrigeren Seite hin gedrängt und ſo allmählich eine Schlinge ausgebildet. Beide Urſachen der Schlingenbildung können ſich verſtärken, ſich ſchwächen oder in ſeltenen Fällen ganz aufheben, je nachdem ſie den Fluſs nach derſelben oder nach entgegengeſetzten Seiten abzulenken ſtreben. Die Faktoren ſummiren ſich, wenn anſtatt einer Falte ein ganzes Faltenſyſtem gleichſinnig wirkt. — Die Bedingungen der Schlingenbildung werden nicht weſentlich verändert, wenn wir an Stelle der Falte eine an Brüchen ſich relativ hebende Scholle oder eine gegen den Fluſs ſich neigende Schichttafel annehmen. In bei weitem den meiſten Fällen wird alſo beim Einſchneiden eines Fluſſes in ein aufſteigendes Gebirge eine Schlinge entſtehen, und aus ihr kann man mit einiger Vorſicht eine Beſtätigung der Entſtehungsart des Durchbruches ableiten. Solche Schlingen beim Durchbruch von Flüſſen durch Gebirge ſind weit verbreitet. Um nur einige Beiſpiele zu nennen: der Durchbruch des Green River (oberen Colorado) durch die Uintah Mts.,[1]) des Ebro durch das Bergland der Provinz Tarragona, des Rhône durch den Jura zwiſchen Bellegarde und Lagnieu u. a. m.

Wirkung der Flüſſe auf die Dislokationen. Wie das Gebirge auf den Lauf der Flüſſe, ſo muſs auch der Fluſs eine Einwirkung auf den Bau des Gebirges ausüben, ſofern er älter iſt als dieſes. Wenn ein Gebirge quer über einen ſich einſchneidenden Fluſs aufſteigt, wird zu Seiten des Einſchnittes lokal der ſeitliche Widerſtand der Gebirgstheile, unter demſelben die Belaſtung aufgehoben; es müſſen alſo die dem Einſchnitt benachbarten Gebirgspartien weſentlich andere Bewegungen erfahren, als die von ihm entfernten, die unter ganz anderen Spannungsverhältniſſen ſtehen. In welcher Weiſe ſich dieſer Einfluſs geltend macht, das iſt jedenfalls ein ſehr verwickeltes mechaniſches Problem, das zu löſen unſere Kenntniſs vom Mechanismus der Gebirgsbildung überhaupt wohl noch zu unklar und umſtritten iſt. Einſtweilen kann nur die Beobachtung Material zur Beurtheilung der Frage an die Hand geben. Aber gerade dieſes Verhältniſs des Gebirgsbaus zu den Thaleinſchnitten hat bisher kaum Beachtung gefunden. Nur eine einſchlägige Beobachtung iſt mir bekannt; ſie wird von Medlicott und Blanford mitgetheilt. Es wird geſagt:[2]) „Die Engpäſſe ſowohl der Djamuna als des

[1]) Vergl. Powell, Colorado. p. 157 f.
[2]) Manual. p. 541.

Ganges in der Siwalik-Kette (Subhimalaya) werden jetzt ſtark markirt durch Querbrüche der Felſen mit verſchiedenem Einfallen auf den gegenüberliegenden Seiten; aber es iſt wahrſcheinlicher, daſs die Flüſſe Antheil hatten an der Beſtimmung der Lage dieſer Brüche, als umgekehrt; denn die Flüſſe haben nicht aufgehört hier zu flieſsen ſeit vorſiwaliſcher Zeit: als die erſte Erhebung begann, hatten die Flüſſe die Eroſionskanäle auszuarbeiten, und als die verwerfenden Kräfte in Wirkung traten, waren dieſe Eroſionslinien die Stellen des geringſten Widerſtandes.“ Daſs die Flüſſe älter ſind, als die Erhebung der Siwalik-Kette, ergiebt ſich daraus, daſs ſich in der Siwalik-Formation (Jungtertiär) vor den Austrittspunkten der Flüſſe Ganges, Djamuna und Setledj groſse, jetzt ſteil aufgerichtete Anhäufungen von Geſchieben befinden, welche beweiſen, daſs ſchon damals die Fluſsthäler an denſelben Stellen exiſtirten.

Wir haben alſo geſehen, daſs es nur von dem Intenſitätsverhältniſs der beiden gleichzeitigen Kräftewirkungen, des Aufſteigens und des Einſchneidens, abhängt, welche von beiden Sieger bleibt, ob der Fluſs abgelenkt wird, oder ſeinen Lauf in enger Thalſchlucht des neuen Gebirges behauptet. In letzterem Falle bildet das neue Gebirge keine Hauptwaſſerſcheide, da es ſich erſt nach der Meeresentblöſsung des Landes, alſo nach der Anlage des Entwäſſerungsſyſtems bildete und zwar nicht ſo heftig, daſs es die ſelbſterhaltende Kraft der hydrographiſchen Linien überwinden konnte. Dieſe Neigung der Waſſerſcheiden und Fluſsſyſteme, in der einmal eingenommenen Lage zu beharren, ſodaſs ſie in Widerſpruch mit dem heutigen Relief des Landes erſcheinen können, iſt die Urſache, weshalb Hauptwaſſerſcheiden ſo häufig auf alten Kontinentalmaſſen liegen, wenn dieſe auch nicht über ihre Umgebung hervorragen,[1]) dagegen durchaus nicht mit Hochgebirgen zuſammen zu fallen brauchen.[2])

B. Faktoren, welche Ortsveränderungen der Wasserscheiden bewirken können.

Trotz der Beharrlichkeit der Waſſerſcheiden giebt es zahlreiche Faktoren, welche eine Verſchiebung derſelben herbeiführen können, wenn ſie eine genügende Kraft entwickeln, und von denen die wichtigſten hier beſprochen werden ſollen. Wir können dieſe Faktoren, welche die Vertheilung der Waſſer-

[1]) Tietze, Verhandl. geol. Reichsanſt. 1878, S. 212 ff.
[2]) Supan, Grundzüge etc. S. 363.

ſcheiden und daher auch der Fluſsſyſteme verändern, in zwei Kategorien eintheilen. Die eine bewirkt allmähliche Verſchiebung der waſſerſcheidenden Linien, ſodaſs ſie ſucceſſive den ganzen Raum zwiſchen ihrer ehemaligen und ihrer neuen Lage durchmeſſen. Die andere dagegen bewirkt keine Ortsverſchiebung der Waſſerſcheide, ſondern vernichtet ſie entweder an ihrem Orte ganz und gar, oder läſst an einem anderen Orte eine neue Waſſerſcheide entſtehen, welche die alte fortbeſtehende an Bedeutung überflügelt und ihre Rolle übernimmt.

a. Allmähliche Ortsveränderung.

1. *Durch Veränderung des kontinentalen Gefälls.* Unter den Faktoren der erſten Kategorie iſt als der in der allgemeinſten Weiſe wirkende zuerſt zu nennen die Veränderung des kontinentalen Gefälles. Eine ſolche kann entweder Folge einer einſeitigen Bewegung eines gröſseren Stückes der Erdrinde, Senkung oder Hebung ohne Dislokationen im Inneren deſſelben, oder aber einer Veränderung in der Geoidfläche ſein. Letzteren Vorgängen hat man gegenüber den früher allzu einſeitig betonten Bewegungen der Erdrinde eine gröſsere Bedeutung zugeſprochen. Veränderungen in den kosmiſchen Anziehungskräften oder in der Maſſenvertheilung in und auf der Erdrinde haben neben Schwankungen des Meeresſpiegels auch entſprechende Umgeſtaltungen der Niveauflächen im Inneren der Landmaſſen zur Folge. Es würde hier zu weit führen, auf diese neueren Anſichten näher einzugehen, da es für unſere Zwecke gleichgültig iſt, welche Urſache der Verſchiebung der Niveauflächen zu Grunde liegt. Genug, es können, ohne daſs Verſchiebungen im Inneren eines Erdraumes vorkommen, ſich ſeine Niveau- und Gefällsverhältniſſe ändern, mag die Urſache nun in einer Bewegung ſeiner eigenen ganzen Maſſe, oder in einer Aenderung der Gleichgewichtslage auf der Erdoberfläche liegen. Auf jeden Fall ſind dieſe Niveauveränderungen keine plötzlichen, ſondern langſame. Sie kommen für die Abfluſsverhältniſſe eines Landes deſto mehr zur Geltung, je geringer die Höhendifferenzen deſſelben ſind; in Flachländern werden ſie viel häufigere und ſtärkere Veränderungen erzeugen, als in Gebirgen. Die flache Felsplatte des mittleren britiſchen Nordamerika und der benachbarten Theile der Vereinigten Staaten iſt daher eine der Gegenden, aus welchen ſolche Fälle beſchrieben ſind. Warren[1]) iſt der Anſicht, daſs noch nach der Eiszeit (?) der Winipeg See ſich nach Süden durch den Minneſota River zum Miſſiſſippi entwäſſert habe, bis er durch eine Veränderung des kontinentalen

[1]) Amer. Journ. of Science a. Arts. III. Ser., Vol. XVI., p. 417 ff.

Gefälles (Senkung nach Nordoften) einen niedrigeren Abfluſs zur Hudſons Bay erlangt habe. Dadurch wurde die Waſſerſcheide bis ſüdlich des 46° n. Br. verſchoben, indem der frühere ſüdliche Abfluſs des Winipeg Sees ſich in zwei Theile zerlegte: den nördlich flieſsenden Red River of the North und den ſüdlich gerichteten Minneſota River. Das hatte natürlich eine Verminderung der Waſſermaſſe des letzteren und ein Auffüllen ſeines Thales zur Folge. Denſelben Fall führt Suess[1]) nicht auf eine Bewegung in der Erdkruſte, ſondern auf eine Aenderung im Meeresniveau (bez. der Geoidfläche) zurück. Es liegt nahe, dieſe auch hier mit der Attraktion der Eismaſſen der groſsen Vergletſcherung in Beziehung zu bringen.[2]) — Penck[3]) hat in höchſt geiſtreicher Weiſe die Lehre von der Umgeſtaltung der Abfluſsrichtungen durch Veränderung der Geoidfläche näher begründet. Seine Ausführungen gipfeln in den Sätzen (a. a. O. S. 55): „Allgemein läſst ſich ausſprechen, daſs rings um eine groſse, jedoch räumlich ſcharf begrenzte Erhebung herum alle die Flüſſe, welche nach ihr zuſtreben, eine Vermehrung ihres Gefälles erfahren, während diejenigen, welche von ihr hinwegſtrömen, eine Verringerung ihres Gefälles erhalten, welche ſoweit gehen kann, daſs dieſes völlig umgewendet wird. Die einen werden Thalbildner, die andern ſchütten ihre Thäler zu.“ Die Stärke der Niveauverſchiebung iſt umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung von der Maſſe, welche die Aenderung der Attraktionsverhältniſſe bewirkt. Wenn die Anziehung ſich wieder vermindert, werden zahlreiche Flüſſe auſser Betrieb geſetzt und ihre Thäler zum Theil in Seebecken verwandelt. Sowohl durch die erſte Veränderung, als durch die nachherige Rückveränderung der Niveaufläche werden durch Theilung der Fluſsläufe zahlreiche neue Waſſerſcheiden gebildet, die ſich durch groſse Flachheit und unregelmäſsigen Verlauf auszeichnen. Auf ſolche Weiſe werden von Penck die eigenthümlichen hydrographiſchen Verhältniſſe der norddeutſchen Seenplatten erklärt, indem die gewaltigen Inlandeismaſſen der nordiſchen Vergletſcherung eine bedeutende Verſchiebung der Geoidfläche hervorgerufen haben ſollen. Penck verwahrt ſich übrigens zum Schluſs gegen eine zu weite Anwendung ſeiner Theorie. Man muſs immer bedenken, daſs Niveauverſchiebungen dieſer Art nur ſehr geringe Winkelwerthe beſitzen können und daher eine

---

[1]) Verhandl. geol. Reichsanſt. 1880, S. 176.

[2]) Dana (Amer. Journal of Science and Arts. III. Ser., Vol. 24, p. 428) hält im Gegenſatz zu Warren den ſüdlichen Abfluſs des Sees nur für zeitweiſe durch Abdämmung ſeitens des nördlich vorliegenden Eiswalles der Glacialzeit hervorgebracht.

[3]) Verh. der Geſ. f. Erdk. z. Berlin. XI, 1884, S. 39 ff.

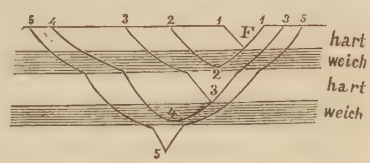
Wirkung auf die Verſchiebung der Waſſerſcheiden nur in ſehr flachen Ländern ausüben dürften. Ja es frägt ſich, ob ſie ſich bei näherer Berechnung ſelbſt für ſolche Gegenden, wie die norddeutſche Seenplatte, hinreichend beträchtlich herausſtellen werden. Wenigſtens iſt die Penck'ſche Theorie für die Seenplatte ſchon lebhaft bekämpft worden. Die dortigen Seen müſsten nach dieſer Theorie ungemein flach ſein, und ich bezweifle, ob dies mit der Wirklichkeit übereinſtimmt. Hoffentlich werden die numeriſchen Grundlagen dieſer geiſtreichen Theorie bald genauer mathematiſch feſtgeſtellt.

2. *Durch ſeitliches Rücken der Flüſſe.* Die eben beſprochenen Veränderungen der Abfluſsſyſteme und Waſſerſcheiden durch ſäkulare Niveauverſchiebungen betreffen nie einen einzigen Fluſs oder ein Fluſsſyſtem allein, ſondern erſtrecken ſich ihrer allgemeinen Natur gemäſs über gröſsere Flächenräume. Weniger iſt dies der Fall bei dem Faktor, den Gilbert[1]) in ſeine Aufzählung der Fluſsverſchiebungen verurſachenden Agentien unter der Bezeichnung „planation“ aufgenommen hat. Er meint damit die Fähigkeit der Ströme, ſich durch ſeitliche Durchnagung der Waſſerſcheide zu vereinigen. Der eine oder beide Flüſſe müſſen ſo ſtarke Neigung zur ausſchlieſslichen Seitenerоſion nach der Seite des anderen Fluſſes hin haben, daſs es zur allmählichen Verſchmälerung und endlichen völligen Durchbrechung des zwiſchenliegenden Rückens kommt. Am bedeutendſten kann dieſe ſeitliche Verſchiebung der Fluſs- und Waſſerſcheidelinien in Gebieten flacher, aber nicht horizontaler Lagerung werden, wo die Flüſſe der Streichrichtung der Schichten folgen. Die Flüſſe werden ſtets nach der Seite des Schichtenfallens leichter erodiren können als auf der Seite, wo die Schichten aufſteigen, und zwar aus mehreren Gründen. Alle Klüfte und Schichtenfugen ſtehen dem Waſſer viel leichter auf der Seite des Schichtfallens offen, um durch Eindringen in dieſelben die Zerſtörung des Geſteins einzuleiten. Dieſe Zerſtörung geht am leichteſten den Schichtfugen nach; dadurch wird der Boden des Fluſsbettes ſelbſt meiſt aus Schichtflächen gebildet, welche durch ihre Neigung das Waſſer auf die Seite des Schichtfallens hindrängen. Von der Seite des Schichtaufſteigens dagegen kommen die gröſseren Zuflüſſe und das meiſte Schuttmaterial, da dort das Abrutſchen auf den Schichtflächen bedeutend erleichtert iſt. Auch hierdurch wird der Fluſs nach der Seite des Schichtfallens gedrängt. Dieſes verſchiebende Moment, welches in der Lagerungsweiſe begründet iſt, wird vergröſsert, wenn Schichten verſchiedener Widerſtandsfähigkeit mit einander

[1]) Henry Mts. p. 125.

wechſeln, wie das ja meiſt der Fall iſt.[1]) In ſolchen Gebieten werden alſo die Flußläufe das Beſtreben haben, ſich nach der Seite des Schichtenfallens ſeitlich zu verſchieben (Fig. 16). So zeigt ſich dieſer Vorgang in auffälliger Weiſe in der großen weſtwärts gerichteten Schlinge, welche die Moſel bei Toul auf dem nach Weſten flach einfallenden Tafelland des braunen Jura ausgebildet hat. Durch dieſelbe hat ſich die Moſel der Maas bis auf 12 km genähert, und das Endziel der Arbeit wird wahrſcheinlich die Ablenkung der beträchtlich höher liegenden Maas, alſo die Zerſtörung der zwiſchen ihnen beſtehenden Waſſerſcheide durch die Moſel ſein.

Fig. 16. (Profil.)



1—5 ſucceſſives Vertiefen und Verſchieben des Flußthales.

Aber auch in anders gebauten Gebieten fehlt es nicht an Bedingungen der ſeitlichen Verſchiebung. Im Gebirge iſt es, nach Vilovo[2]), vornehmlich die verſchiedene Verwitterung der Thalſeiten je nach ihrer Expoſition gegen die Sonnenbeſtrahlung und den Wind, welche eine ſeitliche Verſchiebung der Flüſſe verurſacht. In den Alpen z. B. will Vilovo bemerkt haben, daß die Nordſeiten der Thäler durch die ſtärkere Sonnenbeſtrahlung, das ſchnellere Schmelzen des Schnees u. ſ. w. mehr Schutt liefern, als die Südſeiten, daher die Flüſſe nach Süden wandern ſollen. Vom Vintſchgau kann dies allerdings nur beſtätigt werden; außerdem führt Vilovo das Drauthal und das Innthal unterhalb Innsbruck als Beiſpiele an. Ein gewiſſer Ausgleich kann immerhin dadurch erzielt werden, daß durch ſtärkeres Angreifen des weniger verwitternden Abhanges gerade von dieſem wieder durch Unterſpülung mehr Material zum Herabrutſchen gebracht wird. So lange die Eroſion nach der Tiefe vorwiegt, wird überhaupt die ſeitliche Verſchiebung im Gebirge (im Gegenſatz zu dem flach geneigten Schichttafelland) nicht viel über das Maß der gewöhnlichen Serpentinenbildung hinausgehen.

In großen Ebenen führt Vilovo als ein mächtiges Agens der ſeitlichen Flußverſchiebung den Wind an, wenn er vorwiegend von einer Seite her kommt, beſonders, wenn er mit dem Staub einer benachbarten Wüſte oder Steppe beladen iſt. So erklärt er das im ungariſchen Tieflande zu bemerkende Weſtrücken der Donau und Theiß durch die Südoſt-Winde,

[1]) Vergl. v. Richthofen, Führer. S. 166.
[2]) Gäa. XVII.

welche im Frühjahr, d. i. zur Zeit des Hochwaſſers, dort vorherrſchen. — In Tropenländern kommt als Agens der ſeitlichen Verſchiebung noch das Ueberwuchern der Vegetation hinzu.

Der Vollſtändigkeit halber ſei hier noch an das ſogenannte Bär'ſche Geſetz erinnert, welches den Einfluſs der Erdrotation auf die Eroſionsrichtung der Flüſſe zur Erklärung beobachteter Fälle von Seiteneroſion verwandte. Mit Erweiterung dieſes Geſetzes nach Maſsgabe der neueren Studien über die Trägheitsbahnen bewegter Körper auf der rotirenden Erde [1]) kann man unzweifelhaft mit Recht behaupten: alle Flüſſe, gleichgültig welche ihre Richtung ſei, werden durch die Erdrotation nach einer Seite gedrängt, und zwar nach der rechten auf der nördlichen Halbkugel, nach der linken auf der ſüdlichen. Nach den Berechnungen von Zöppritz [2]) iſt jedoch das Ausmaſs dieſes Seitendrucks ſo gering, daſs er gegenüber den ſonſtigen Unregelmäſsigkeiten des Fluſslaufes nicht in Betracht kommt. Immerhin iſt die Frage nach der Gültigkeit des Bär'ſchen Geſetzes als noch ungelöſt zu betrachten, da Zöppritz der Länge geologiſcher Zeiträume zu wenig Rechnung getragen hat.

Auf dieſe verſchiedenen Weiſen kann alſo eine Verſchiebung der Fluſsläufe erfolgen. Dieſe wirkt auf die Waſſerſcheide in demſelben Sinne verſchiebend und zwar auf zweierlei Art: zunächſt direkt durch Unterſpülung und Abtragung von Seiten des vordringenden Fluſſes, dann aber auch indirekt durch Beeinfluſſung der Eroſion der Nebengewäſſer. Wenn zwei einander parallele Flüſſe in gleichem Sinne ſich ſeitwärts verſchieben, ſo werden diejenigen Nebengewäſſer, welche ſich von der zwiſchen beiden liegenden Waſſerſcheide aus in den Fluſs ergieſsen, welcher dieſer Waſſerſcheide näher rückt, verkürzt, ihr Gefälle vergröſsert und damit ihre Eroſion verſtärkt; diejenigen aber, welche ſich in den von der Waſſerſcheide abrückenden Fluſs ergieſsen, werden verlängert, ihre Eroſion verringert. So findet ſchon lange, ehe der Hauptfluſs der Waſſerſcheide nahe gekommen iſt, eine Verſchiebung derſelben durch ungleiche Eroſion auf ihren beiden Seiten ſtatt in der Weiſe, wie ſie gleich beſprochen werden wird. — Wenn der in der Seitwärtsbewegung vorausgehende Fluſs durch irgend einen Umſtand zurückgehalten wird, ſodaſs der nachfolgende ſich ihm immer mehr nähern kann, ſo wird ſchlieſslich die zwiſchen ihnen liegende Waſſerſcheide gänzlich zerſtört.

3. *Durch ungleich ſtarke Eroſion auf beiden Seiten der Waſſerſcheide.* Wohl der intereſſanteſte Faktor der Verſchiebung der Waſſerſcheiden iſt ungleiche Eroſion auf den beiden Seiten

[1]) Vergl. z. B. Sprung, Meteorol. S. 8 ff.
[2]) Verhandl. 2. d. Geogr.-Tag. S. 50 ff.

einer Waſſerſcheide. Es lohnt ſich wohl, genauer die Bedingungen und die Art und Weiſe dieſer Verſchiebung zu prüfen, da gerade ſie in der letzten Zeit ſo überaus häufige Anwendung zur Erklärung mannigfaltiger Phänomene gefunden hat. Trotz dieſer häufigen Anwendung und der Anführung verſchiedener Urſachen des Vorganges durch Gilbert,[1]) Vogelgeſang,[2]) Krümmel,[3]) Löwl,[4]) Stapff[5]) iſt meines Wiſſens eine genauere Theorie desſelben noch nicht gegeben worden.

Vorgang und Ende der Verſchiebung. Sehen wir einſtweilen ganz ab von den mannigfachen Urſachen, welche eine Verſchiedenheit der Eroſion auf beiden Seiten einer Waſſerſcheide hervorrufen können und vergegenwärtigen wir uns zunächſt, wie durch eine ſolche als gegeben angenommene Verſchiedenheit eine Ortsveränderung der Waſſerſcheide verurſacht wird und bis zu welchem Grade ſie fortſchreiten kann.

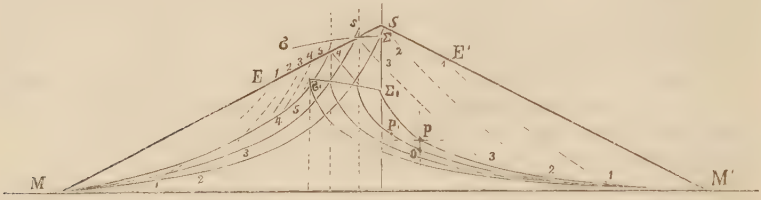
Das Endziel der Eroſion[6]) eines jeden flieſsenden Gewäſſers iſt die Herſtellung eines Gefälles, welches von Quelle zu Mündung beſtändig abnimmt, daher eine Kurve bildet, die man als Eroſions-Terminante bezeichnen kann. Dieſe Kurve iſt alſo der Ausdruck der Eroſionskraft des Gewäſſers in allen ſeinen Theilen; je ſtärker die Kraft, deſto flacher die Kurve und umgekehrt. Die Stärke der Krümmung dieſer Kurve iſt in erſter Linie abhängig von der Schnelligkeit der Waſſerzunahme von der Quelle zur Mündung; das Verhältniſs der Terminante zu dem primären Gefäll des Thalwegs regelt die Stärke, mit welcher die Eroſion einſetzt, und die Schnelligkeit, mit der ſie ſich ihrem Ziele nähert. In meinem citirten Aufſatze wurde nur immer ein Waſſerlauf iſolirt der Betrachtung unterzogen unter der Vorausſetzung einer unbeweglichen Waſſerſcheide. Jetzt haben wir in ähnlicher Weiſe die gegenſeitigen Beziehungen zweier Gewäſſer, die von einer Waſſerſcheide in entgegengeſetzter Richtung herabrinnen, zu betrachten. Die Verſchiedenheiten der Eroſionskräfte beider finden ihren Ausdruck in Verſchiedenheiten ihrer Terminanten, die wiederum den Proceſs der Eroſion regeln.

Nehmen wir an, von der Waſſerſcheide zögen ſich zwei gleich geneigte, daher auch gleich lange Abhänge herab bis zum Meeresniveau (Fig. 17: SM und SM_1); dieſe ſind plötzlich vom Meere entblöſst worden. Die auf beiden Seiten herabrinnenden Gewäſſer haben durch irgend welche Urſache ver-

[1]) Henry Mts. p. 140.
[2]) Ausland 1870. S. 439 ff., 463 ff.
[3]) Ausland 1882, S. 30 ff., 45 ff.
[4]) Petermann's Mittheil. 1882. S. 405 ff. — Thalbildung. S. 99 ff.
[5]) N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1882. S. 110 ff.
[6]) Vergl. meine Abhandl. in Petermann's Mittheil. 1886, S. 67 ff.

ſchiedene Eroſionskraft. Das ſchwächere beſitzt daher eine Terminante ΣM, die ſich langſamer verflacht, als die des ſtärkeren ($\Sigma_1 M_1$). $\Sigma_1 M_1$ wird daher im Ganzen flacher ſein, als ΣM.

Fig. 17.



An der durch die Waſſerſcheide gelegten Vertikalen wird daher der Scheitelpunkt der Terminante des ſchwächeren Gewäſſers (Σ) höher liegen, als der Scheitelpunkt der Terminante des ſtärkeren (Σ_1). Der Abfall an der ſtärkeren Seite (SM_1) wird mehr von der Terminante abweichen, als der auf der ſchwächeren Seite (SM); es wird auf erſterem daher die Eroſion ſtärker einſetzen und ſchneller vor ſich gehen, als auf der ſchwächeren Seite. Zudem liegt der Punkt, von dem aus aufwärts keine direkte, ſondern nur rückſchreitende Eroſion ſtattfindet auf der ſtärkeren Seite näher an der Waſſerſcheide (in E_1), als auf der ſchwächeren Seite (in E).

Die Waſſerſcheide wird alſo von der ſtarken Seite aus von der Eroſion eher erreicht als von der ſchwachen Seite aus, wo in derſelben Zeit die rückſchreitende Eroſion vielleicht nur bis 2 gelangt iſt. Nun hat das Gewäſſer das Beſtreben, ſeine Waſſerſcheide bis zum Scheitelpunkt ſeiner Kurve zu erniedrigen. Sobald es in dieſer Arbeit aber fortſchreitet (z. B. bis 3 gekommen iſt), entſteht an der Waſſerſcheide eine überſteile Stelle, welche die Böſchung anzunehmen ſucht, welche die Verwitterung dem Geſtein auferlegt. Da von der anderen Seite nicht entgegengearbeitet wird, ſo wird dadurch die Waſſerſcheide um das Stück Ss verſchoben. Damit rücken aber die Scheitelpunkte der beiderſeitigen Kurven ebenfalls an die Vertikale unter der neuen Waſſerſcheide s. Demgemäſs rückt auch jeder andere Punkt der Kurve der ſtärkeren Seite von der Mündung (M_1) weg, ein jeder andere Punkt der Kurve der ſchwächeren Seite nach der Mündung (M) zu. Daher wird die Kurve der ſtärkeren Seite an der Mündung um ein Stück verlängert, die der ſchwächeren Seite entſprechend verkürzt. Durch die Verlängerung der ſtärkeren Kurve wird aber naturgemäſs, da das an der Mündung neu angeſetzte Kurvenſtück ein gewiſſes Gefälle hat, jeder Punkt der Kurve in der neuen Lage etwas gegen die

vorige Lage erhöht: z. B. der beliebige Punkt P der Kurve kommt nun nach P_1, welches um ein Gewiſſes höher liegt, als die Horizontale durch P. Trotzdem kommt an jedem geographiſchen Orte des Fluſslaufes die neue Kurve tiefer zu liegen als die alte: O tiefer als P. Wie alle Punkte der verlängerten Kurve, wird auch ihr Scheitelpunkt gegenüber der vorherigen Lage erhöht. Umgekehrt wird der Scheitelpunkt der abgekürzten Kurve erniedrigt. Das Maſs dieſer Erhöhung bezüglich Erniedrigung iſt bedingt durch die Gröſse des Gefälles, welches das an der Mündung neu angeſetzte bezüglich abgeſchnittene Kurvenſtück beſitzt.

Wenn das Tieferlegen der Waſſerſcheide und ihre Verſchiebung fortſchreitet, ſo bewegt ſich der Scheitelpunkt der ſtärkeren Terminante ($\Sigma_1 M_1$), wie angegeben, ſowohl nach rückwärts (von der Mündung weg) als nach aufwärts. Da aber die am Mündungspunkte neu angeſetzten Kurvenſtücke beſtändig flacher werden, ſo nimmt auch das Aufſteigen des Scheitelpunktes verglichen mit dem Rückſchreiten immer mehr ab, je weiter er ſich von der urſprünglichen Lage entfernt. Auch er bewegt ſich daher auf einer Kurve und zwar einer anſteigenden, aber immer flacher werdenden ($\Sigma_1 \sigma_1$). Umgekehrt bewegt ſich der Scheitelpunkt der ſchwächeren Kurve ΣM, wie leicht erſichtlich, auf einer abſteigenden, immer ſteiler werdenden Kurve ($\Sigma \sigma$).

Durch dieſe Verſchiebungen wird fortwährend die Terminante der ſchwächeren Seite dem durch die Eroſion bereits hergeſtellten Gefälle genähert, die Eroſion auf dieſem daher verlangſamt; endlich rückt die Terminante über einen Punkt nach dem anderen der Böſchung vor, und damit hat dort die Eroſion ein Ende. Dieſes ſo für die ſchwächere Seite fixirte Gefälle, welches in der Lage bleibt, in der es von der vorwärts verlegten Terminante erreicht wurde, iſt entſcheidend für die Grenze, bis zu welcher die Eroſion der ſtärkeren Seite zurückſchreiten kann. Wenn nämlich der Scheitelpunkt der ſtärkeren Terminante dieſen Abhang erreicht, iſt dem weiteren Rückſchreiten ein Ziel geſetzt; dort bleibt die Waſſerſcheide definitiv liegen: die Eroſion iſt dann überhaupt in ihren Grundzügen vollendet.

Der Vorgang iſt ganz derſelbe, wenn die beiden Kurven nicht qualitativ verſchieden ſind, ſondern die eine nur tiefer liegt als die andere, was durch eine tiefere Eroſionsbaſis oder durch einen ſteileren, daher kürzeren primären Abfall verurſacht ſein kann.

Wenn man die auf S. 77 f. meines citirten Aufſatzes angeſtellten Betrachtungen auch auf dieſe Folgerungen anwendet, wird leicht erſichtlich, daſs bei der natürlicheren Annahme eines allmählichen Rückzuges des Meeres die eben gewonnenen Reſultate nicht verändert werden.

Der Punkt, wo die Rückverlegung der Waſſerſcheide zu Ende kommt, d. i. wo der Scheitelpunkt der rückwärts verlegten Terminante den gegenüber liegenden Abfall erreicht, ſei dieſer nun ein primärer, oder durch Eroſion tiefer gelegter — dieſer wichtige Punkt wird nach unſerer Betrachtung durch folgende Faktoren beſtimmt:

1a. Die primäre Höhenlage des Scheitelpunktes der ſchwächeren Terminante; je höher dieſer liegt, deſto geringer iſt die Tieferlegung auf jedem Punkte des ſchwächer erodirten Abhanges vorgeſchritten, wenn ſie durch die Verlegung der Waſſerſcheide ſiſtirt wird. Dieſelbe kann auch noch gar nicht an dem Punkte begonnen haben, wo die Berührung durch die ſtärkere Terminante ſtattfindet. In dieſem Falle tritt an Stelle dieſes Faktors:

1b. Die Lage des primären Abhanges der ſchwächer erodirten Seite. Je höher dieſelbe iſt, deſto weiter kann die Verſchiebung vor ſich gehen.

2. Die Höhenlage des Scheitelpunktes der ſtärkeren Terminante; je tiefer dieſer unter der primären Waſſerſcheide liegt, deſto weiter kann er zurückverlegt werden, ehe er den anderen Abhang trifft.

3. Den Grad des Gefälles der ſtärkeren Terminante an ihrem Mündungspunkte; je ſteiler daſſelbe iſt, deſto ſteiler ſteigt auch der Scheitelpunkt bei der Rückverlegung in die Höhe, deſto eher erreicht er den anderen Abhang. Dieſes Gefälle iſt einerſeits bedingt durch die Länge des ganzen Laufes; die Fähigkeit zur Rückverlegung der Waſſerſcheide wächſt daher ceteris paribus mit der Länge des ſtärkeren Gewäſſers; kurze Gewäſſer können trotz ihrer Steilheit nur wenig rückwärts erodiren; — andrerſeits durch den Grad der Verflachung der Kurve, d. h. im Weſentlichen durch die Zunahme der Waſſermaſſe in der Längeneinheit des Stromlaufes. Von gleich gerichteten, gleich langen Strömen, deren einer waſſerreicher iſt, wird dieſer ceteris paribus natürlich ſtärker zurückſchreiten können.

Aus allen dieſen Betrachtungen ergiebt ſich, daſs die Fähigkeit zur Rückverlegung der Waſſerſcheide keine unbeſchränkte iſt, ſondern daſs, welches auch immer ihre Urſache ſei, dieſe durch die Verlegung ſelbſt früher oder ſpäter aufgewogen wird. Die Verlegung, einmal begonnen, erzeugt ſich alſo nicht etwa immer wieder ſelbſt, ſondern bringt ſich ſelbſt zu Ende, ſchneller oder langſamer. Sie erreicht ihr Ende, wenn der Scheitelpunkt der rückſchreitenden Terminante den jenſeitigen Abhang berührt. Dies wird dadurch beſchleunigt, daſs derſelbe nicht horizontal, ſondern in einer aufſteigenden Kurve rückwärts ſchreitet. Eine wichtige Eigenſchaft der verſchobenen Waſſer-

ſcheide iſt alſo die, daſs ſie höher zu liegen kommt, als der Scheitelpunkt der urſprünglichen Terminante der ſtärker erodirten Seite, verglichen mit dem jeweiligen Meeresniveau. — Es ergiebt ſich ferner, daſs der Eroſionsunterſchied der beiden Seiten, d. h. die Höhendifferenz der Scheitelpunkte der beiden Terminanten, ſehr bedeutend ſein muſs, wenn er eine irgend beträchtliche Verſchiebung der Waſſerſcheide bewirken ſoll. Ganz ausgeſchloſſen iſt die Verſchiebung ſelbſtverſtändlich trotz aller denkbaren Verſchiedenheit der beiden Seiten, wenn die Eroſion ſich der Waſſerſcheide gar nicht nähern kann, d. h. wenn der Scheitelpunkt ſelbſt der ſtärkeren Terminante über der primären Waſſerſcheide liegt. (Vergl. Fig. 7 in meinem cit. Aufſ.) Auch wo dies nicht der Fall iſt, bleibt die Waſſerſcheide ſo lange konſtant, als ſie noch nicht von der rückſchreitenden Eroſion erreicht iſt.

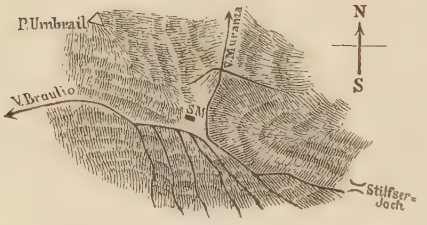
Die Leiſtungen der rückſchreitenden Eroſion ſind demnach, wenn die Stärke der ſie erzeugenden Urſachen als gleich angenommen wird, deſto beträchtlicher, je höher das von ihr betroffene Gebirge iſt und je verſchiedenere Steilheit die Böſchungen der beiden Seiten beſitzen.

Anzapfung der Flüſſe. Bifurkationen im Gebirge. Bisher haben wir nur den Fall berückſichtigt, daſs die Verſchiebung der Waſſerſcheide ausſchlieſslich ſolche Waſſermaſſen in den ſich vergröſsernden Strom hineinzieht, die in dem Gebiete niederfallen, welches eben durch das Rückwärtsſchneiden desſelben Schritt für Schritt erobert wird. Das Geſagte iſt alſo gültig, wenn die Waſſerſcheide zwei entgegengeſetzt gerichtete Abfluſsſyſteme trennt, deren Quellgebiete ſich an ihr bekämpfen. Anders geſtalten ſich dagegen die Verhältniſſe, wenn von dem rückwärts ſchneidenden Quellgebiete des einen Fluſſes ein anderer Fluſs nicht in ſeinem Quellgebiet, ſondern in einem Punkte ſeines Laufes von der Seite her erreicht wird. Dies kann nach den obigen Ausführungen nur geſchehen, wenn der erreichte Fluſs an der betreffenden Stelle beträchtlich höher liegt, als der Scheitelpunkt der vordringenden Terminante. Nähert ſich die allmählich ſich verſchiebende Waſſerſcheide einem Fluſſe, der in einem höheren Niveau als jener Scheitelpunkt liegt, ſo rückt ſie — d. h. die aktuelle Waſſerſcheide an der Oberfläche, nicht der in der Tiefe liegende Scheitelpunkt der Terminante — zunächſt an den Thalwänden desſelben herab, erreicht dann den Thalboden und ſchlieſslich den Fluſs ſelbſt. Dadurch wird das geſammte Stromgebiet dieſes Fluſſes, ſoweit es oberhalb des betreffenden Punktes liegt, dem ſiegreichen Gewäſſer tributär. Dies Ereigniſs kann nur eintreten, wenn der ablenkende Fluſs in kurzer Entfernung von der

Waſſerſcheide ſchon bedeutend tiefer lag, als der abgelenkte. Viel häufiger ſind daher die Fälle, wo es nicht zur Ablenkung kommt, ſondern die Waſſerſcheide ſchon auf dem Thalgehänge des ſchwächeren Fluſſes Halt macht. Es bilden ſich dann Scharten in den Thalflanken des bedrohten Fluſſes. Ein treffliches Beiſpiel hierfür iſt die Nordſeite des Innthals zwiſchen Landeck und Kufſtein, wo an verſchiedenen Stellen die Querthäler der bayriſchen Alpen ihre Waſſerſcheide bis auf die Nordgehänge des Innthales verſchoben haben. Solche nicht bis zum Fluſsniveau herabgelangten Rückverſchiebungen können aber dann noch eine Ablenkung hervorbringen, wie Penck[1]) gezeigt hat, wenn das abzulenkende Thal ſich in einem Stadium der Aufſchüttung befindet, alſo der Fluſs durch ſeine eigenen Anhäufungen ſich bis zu den Scharten emporhebt. Solche Aufſchüttungsſtadien ſcheinen ſich in der Geſchichte faſt aller Stromſyſteme von Zeit zu Zeit zu wiederholen. In Mittel- und Nordeuropa war es die Eiszeit, welche durch ihre verſtärkte Zerſtörung Materialanhäufungen in den Fluſsthälern hervorrief. Das war auch eine Zeit häufiger Stromverlegungen[2]) und Ablenkungen, die vielfach ſchon früher durch einſeitige Eroſion bis zu einem gewiſſen Grade vorbereitet waren.

Bei jeder Ablenkung dient als Zwiſchenſtadium die Bifurkation. Natürlich iſt hier nur von der Bifurkation im Gebirge die Rede, während die im Flachlande unter ganz andere Geſichtspunkte fällt (ſ. S. 75). Zuerſt kommt es zu einer trockenen Thalbifurkation, wobei noch kein Gewäſſer des angebrochenen Thales in das ablenkende übergeht; in einem weiteren Stadium werden ſchon Gewäſſer aus dem alten Thale in das neue abgelenkt, aber nur Nebengewäſſer, nicht der Hauptſtrom ſelbſt: eine naſſe Thalbifurkation. In dieſem Zuſtande befindet ſich das öde Hochthal, welches ſich auf der italieniſchen Seite des Stilfſer Joches unmittelbar unter der Paſshöhe nach Weſten hinabſenkt, in dem die ſogenannte Vierte Cantoniera (Santa Maria di Stelvio) in 2500 m Meereshöhe gelegen iſt (Fig. 18). Dieſe ziemlich weite Mulde, in Thonglimmerſchiefer eingeſenkt, beſitzt nach

Fig. 18.



[1]) Verh. d. Geſ. f. Erdk. z. Berlin. XI. S. 39 ff.
[2]) Penck a. a. O. S. 49 f.

unten zwei Ausgänge zu beiden Seiten des jäh aufſteigenden Piz Umbrail; der eine, weit geöffnet, führt rechts nach Norden hinab in das ſchweizeriſche Val Muranza, der andere, links, wendet ſich nach Süden um, in die berühmte Felsſchlucht des Val Braulio, das ſich nach Bormio hinabzieht. Das Hochthal, aus dem beide Thäler ſich abzweigen, wird von mehreren kleinen Bächlein durchſtrömt, die ſich in zwei Hauptadern ſammeln. Nachdem dieſe eine Strecke neben einander hergefloſſen ſind, trennen ſich die Bäche; der eine geht rechts hinab ins Val Muranza und zur Etſch, der andere links durch Val Braulio zur Adda. Somit liegt hier eine Thalbifurkation, wenn auch keine Fluſsbifurkation vor. Es läſst ſich für dieſe Erſcheinung, wenn man den eroſiven Urſprung der genannten Thäler nicht aufgeben will, und dafür iſt kein Grund vorhanden, keine andere Erklärung denken, als die durch ſeitliche Anzapfung. Es ſtimmt damit überein, daſs das Val Muranza viel ſteiler iſt als das Val Braulio, daher zum Anzapfen deſſelben wohl geeignet; ſ. S. 61. (Val Muranza 8 km lang, 2540 bis 1340 m = 1200 m Höhenunterſchied, Gefäll 1 : 6,6; Val Braulio bis zum Keſſel von Bormio 14 km lang, 2540 bis 1200 m = 1340 m Höhenunterſchied, Gefäll 1 : 10,4.)

Hier haben wir alſo ein Beiſpiel einer Thalbifurkation, die ſchon von einem Theil der Gewäſſer benutzt wird. Schreitet das Einſchneiden noch weiter vor, ſo wird endlich das Hauptgewäſſer angezapft: es entſteht eine Fluſsbifurkation.[1]) Damit iſt die bisher langſam verſchobene Waſſerſcheide völlig vernichtet und an ihre Stelle tritt die andere, welche bisher das Fluſsgebiet des abgelenkten Gewäſſers umſchloſs. Die Fluſsbifurkation kann aber nur eine ſehr vorübergehende Erſcheinung ſein. Denn ſowie eine Anzapfung des bisher fremden Fluſſes ſtattgefunden hat, empfängt das ſiegreiche Fluſsſyſtem mit einem Schlage einen Zuwachs an Waſſer, welcher ſeine Terminante überall abflacht und allerorts eine Verſtärkung der Eroſion herbeiführt. War auch ſeine Eroſion bei Erreichung des fremden Fluſſes ſchon nahe daran, zur Ruhe zu kommen, ſo nimmt ſie doch jetzt auf der ganzen Strecke einen neuen Anlauf und zwar um ſo energiſcher, je gröſser im Verhältniſs die gewonnene Waſſermaſſe iſt. Vielleicht ſind auf dieſe Weiſe manche Terraſſenſyſteme in Alpenthälern entſtanden. Am ſtärkſten wird die erneute Eroſion gerade unterhalb der Ablenkungsſtelle arbeiten, wo das bisherige auf wenig Waſſer eingerichtete Gefälle des rückſchreitenden Gewäſſers am ſtärkſten mit den neuen Verhältniſſen in Widerſpruch ſteht. Daher wird die Fluſsbifurkation

[1]) Es ſoll hiermit durchaus nicht geſagt ſein, daſs alle Bifurkationen im Gebirge auf dieſe Weiſe entſtanden ſind.

ſehr ſchnell in eine völlige Ablenkung umgewandelt, d. h. es entſteht wieder eine trockene Thalbifurkation, wo nun aber der trockene Thalzweig das früher vom jetzt abgelenkten Fluſſe benutzte Thal iſt. Auch dieſes Stadium kann nicht von langer Dauer ſein. Durch die ſchnelle Tieferlegung des bisher rückſchreitenden Gewäſſers (des jetzigen neuen Unterlaufes des angezapften Fluſſes) wird auch eine lebhafte Tieferlegung des Oberlaufes (des alten Fluſſes) bewirkt. (Eroſionsterraſſen in groſsen Längsthälern!) Der abgelenkte Thaltheil wird daher bald viel tiefer zu liegen kommen, als der zunächſt gelegene alte Thaltheil unterhalb der Ablenkungsſtelle, wo die Eroſion aus Waſſermangel gänzlich ruht. Die Waſſerſcheide des geſammten neu zuſammengefügten Stromgebietes kann infolge deſſen wiederum eine einſeitige Eroſion erfahren und ſo hier das eben geſchilderte Spiel von neuem beginnen.

Dieſe Verſchiebung der Waſſerſcheide und ſchliefsliche Ablenkung eines anderen Fluſſes durch ungleiche Eroſion iſt eine vierte mögliche Art der Entſtehung von Durchbruchsthälern. Dieſelbe wurde von Rütimeyer[1]) und Heim[2]) angedeutet und von Löwl[3]) näher entwickelt und wohl etwas zu ſehr verallgemeinert. Wir haben ſchon die Bedingungen erörtert, unter denen der Vorgang allein denkbar iſt. Aber es iſt wohl hier der Ort, bei der groſsen Bedeutung, welche die Entſtehung der Durchbruchsthäler für den Verlauf der Waſſerſcheiden namentlich dort beſitzt, wo letzterer nicht mit dem geologiſchen Bau und dem Relief übereinſtimmt, noch einmal kurz die Merkmale zuſammenzuſtellen, welche ſich aus den vorhergehenden Erörterungen für die Unterſcheidung der beiden wichtigſten Gruppen von Durchbruchsthälern ergeben, nämlich derjenigen, welche nach Powell und Tietze durch Einſchneiden in ein aufſteigendes Gebirge, und derjenigen, welche nach Löwl durch rückſchreitende Eroſion gebildet ſind.

Unterſcheidende Merkmale der verſchieden entſtandenen Durchbruchsthäler.

1) Es braucht als ſelbſtverſtändlich kaum erwähnt zu werden, daſs, wenn ein Durchbruchsthal durch Einſchneiden während des Aufſteigens des Gebirges erklärt werden ſoll, das Gebirge jünger ſein muſs als das Fluſsſyſtem, d. h. als die jüngſte Meeresbedeckung.

2) Wenn wir Flüſſe ein Gebirge in ſeinen höchſten Theilen durchſetzen ſehen, ſo iſt in den meiſten Fällen eine Rückwärtsverſchiebung der Waſſerſcheide durch einſeitige Eroſion an-

[1]) Thal- und Seebildung. S. 69.
[2]) Mechanismus. I.
[3]) Petermann's Mittheil. 1882. — Verhandl. geol. Reichsanſt. 1883. — Thalbildung. S. 99.

zunehmen, denn dieſe iſt deſto eher möglich, je höher das durchſchnittene Gebirge iſt. Finden wir dagegen die Fluſsdurchbrüche an den niedrigſten und ſchwächſten Stellen des durchbrochenen Kammes, ſo ſpricht gröſsere Wahrſcheinlichkeit dafür, daſs das Fluſsſyſtem älter iſt als das Gebirge und ſich beim Aufſteigen des letzteren dem Gebirgsbau einigermaſsen anpaſste. In beiden Fällen kann auch epigenetiſche Thalbildung vorliegen.

3) Wenn die Fluſsſyſteme älter ſind als die Dislokationen, ſo iſt in der Regel die S. 42 erwähnte Gegenſätzlichkeit im Verlaufe der gröſseren und kleineren Gewäſſer zu bemerken, während dies bei rückſchreitender Eroſion nur in Ausnahmefällen (bei ſtarken petrographiſchen Verſchiedenheiten des Untergrundes) möglich erſcheint.

4) Ferner kann als Merkmal der Powell'ſchen Durchbruchsthäler jene S. 43 f. abgeleitete Fluſsſchlinge innerhalb des Durchbruchthales betrachtet werden, da eine ſolche durch rückſchreitende Eroſion kaum erklärt werden kann.

5) Finden ſich in der Tektonik Einflüſſe der Thalſpalte auf die benachbarten Gebirgstheile, ſo ſpricht dies entſchieden für ein gröſseres Alter des Fluſsſyſtems.

6) Steigt das Gefälle des durchbrechenden Fluſſes der Terminante entſprechend zur Quelle immer ſteiler an, ſo iſt rückſchreitende Eroſion wahrſcheinlich; iſt dagegen der Oberlauf in gröſserer Ausdehnung flacher als der Unterlauf, ſo ſpricht dies für die Powell'ſche Theorie.

Keines dieſer Merkmale allein kann ein entſcheidendes Urtheil begründen, wohl aber vermag dies eine Anzahl derſelben zuſammen betrachtet. Es muſs dabei noch einmal hervorgehoben werden, daſs beide Entſtehungsarten einander durchaus nicht ausſchlieſsen, ſondern höchſt wahrſcheinlich häufig zuſammengewirkt haben.

Urſachen ungleicher Eroſion. Gehen wir nun, nachdem wir uns den Vorgang vergegenwärtigt haben, auf die Urſachen ein, welche eine einſeitige Eroſion und damit Rückverlegung der Waſſerſcheide bewirken können. Dieſelben ſind nach dem eben Geſagten ſolche Umſtände, welche eine tiefere Lage des Scheitelpunktes der einen Terminante im Vergleich zum Scheitelpunkt der anderen Terminante hervorbringen. Dieſe verſchiedene Lage der Scheitelpunkte kann verurſacht ſein durch eine verſchiedene Geſtalt der Kurven oder bei gleicher Geſtalt durch eine verſchiedene Höhenlage derſelben auf beiden Seiten der Waſſerſcheide.

Die Geſtalt der Terminante iſt weſentlich eine klimatiſche Funktion, da ſie in erſter Linie durch den Waſſerreichthum bedingt wird. Wenn daher die klimatiſchen Verhältniſſe, namentlich die Niederſchlagsmengen, auf beiden Seiten eines Ge-

birges verſchieden ſind, ſo kann durch dieſen Unterſchied eine Verſchiebung der Waſſerſcheide in der Richtung von der feuchteren (Luvſeite) nach der trockeneren (Lee-)Seite des Gebirges erfolgen. Krümmel[1]) hat die durch klimatiſche Gründe verurſachte einſeitige Eroſion eingehend behandelt. Er weiſt auf die groſse regenentziehende Kraft hin, die ein Gebirge beſitzt, da die überwiegende Menge des Waſſerdampfes in den unteren Schichten der Atmoſphäre angehäuft iſt. „Ein Gebirge, das 2000 m Kammhöhe beſitzt und quer dem Regenwind ſich vorlagert, wird alſo ſchon die Hälfte alles Waſſerdampfes der Leeſeite entziehen können.“ Es folgt daraus, daſs Gebirge mit ausgeſprochener Regen- und Trockenſeite nicht ſelten ſein werden. Vornehmlich ſind es diejenigen, welche am Rande eines Kontinents ſich parallel der Küſte hinziehen, und ſo die in das Innere des Kontinents wehenden Seewinde auffangen. Krümmel ſagt (a. a. O. S. 46): „Einſeitig (unſymmetriſch) erodirte Gebirge werden wir vorzugsweiſe da erwarten dürfen, wo ſich Gebirgsfaltungen am Rande eines ſchon vorhandenen Feſtlandes erhoben haben, zumal wenn dabei das ältere Feſtland gleichzeitig in Plateauform aufgeſtiegen iſt und das Gebirge die Regenfront deſſelben bildet.“ Krümmel denkt hier alſo offenbar mehr an das durch Regenreichthum der äuſseren Seite unterſtützte Einſchneiden ſchon vorhandener Flüſſe in ein aufſteigendes Gebirge, als an nachträgliche Verſchiebung der Waſſerſcheide nach der trockenen Seite hin. In ſolchen Fällen ſind aber die klimatiſchen Verhältniſſe nur in zweiter Linie wirkſam: der Hauptfaktor iſt die Präexiſtenz der Flüſſe. Deshalb wären die zahlreichen Beiſpiele einſeitiger Eroſion aus klimatiſchen Gründen, die Krümmel zuſammenſtellt, zu ſichten. — Während ſo Krümmel noch die Powell-Tietze'ſche Erklärungsweiſe mit der einſeitigen Eroſion durch klimatiſche Verſchiedenheit vereinigt, ſucht Löwl die letztere allein mit Ausſchlieſsung der erſteren bei vielen Gebirgen zur Geltung zu bringen (Himalaya, Umrandung Irans und Kleinaſiens u. ſ. w.)[2])

Auſser dem Klima wirkt auf die Geſtalt der Terminante die Härte und Struktur der Geſteine und ihre Neigung zur Schuttbildung ein. Es bedarf keiner Auseinanderſetzung, daſs, wenn die eine Seite eines Gebirges durch ihre Geſteinsbeſchaffenheit der Eroſion geringeren Widerſtand entgegenſetzt als die andere, ſie ſtärker angegriffen und dadurch die Waſſerſcheide von ihr weggeſchoben werden kann. Ich möchte aber bezweifeln, ob dies in der Natur in gröſserem Maſse ſtattfindet, ob die Härte-Unterſchiede der Geſteine genügend groſs dazu

[1]) Ausland 1882, S. 30 ff., 45 ff.
[2]) Thalbildung. S. 114 f.

ſind. Zudem liefern die weicheren Geſteine mehr Verwitterungsſchutt als die härteren und heben daher zum Theil ihre befördernde Wirkung wieder auf. Ich glaube kaum, daſs bis jetzt eine bedeutende Verſchiebung einer Waſſerſcheide hat konſtatirt werden können, welche allein auf dieſen Umſtand zurückzuführen wäre; als ſekundär mitwirkender Faktor beſitzt er jedoch wahrſcheinlich eine weite Verbreitung.

Nicht minder wichtig, als die Geſtalt der Terminante, iſt für die Verſchiebbarkeit der Waſſerſcheide die Höhenlage dieſer Kurve. Von der Seite, wo die tiefere Terminante liegt, wird die Waſſerſcheide fortgeſchoben. Dieſe tiefere Lage bei ſonſt gleicher Geſtalt kann bedingt ſein: 1) durch kürzere Lauflänge, d. h. ſteileres Totalgefälle; 2) durch tiefere Lage der Eroſionsbaſis.

Wie durch ſteileres Gefälle der einen Seite eine Verſchiebung der Waſſerſcheide bewirkt werden kann, ergiebt ſich ſchon aus den obigen Ausführungen. Der Scheitelpunkt der Terminante liegt auf der ſteileren Seite tiefer als auf der ſanfter geneigten und wird eher von der Eroſion erreicht. Dieſe Art von Verſchiebungen ſind in der Natur ſehr häufig. So rückt faſt allgemein die Waſſerſcheide von dem Rande eines Plateau-Abbruches, wo ſie urſprünglich ſich befand, durch ſtärkere Eroſion der ſteileren Seite in das Innere des Plateaus vor, natürlich mit Zerſtörung des Bruchrandes ſelbſt. Solches zeigt z. B. in vortrefflicher Weiſe der Südoſtrand der groſsen ſüdafrikaniſchen Scholle, von British Kaffraria bis zur Delagoa Bai. Suess ſagt von dieſem Abſturz[1]): „Hieraus geht hervor, daſs die Karoo-Ablagerungen ſich einſt viel weiter gegen Oſt ausdehnten, und daſs die Schollen an der Meeresküſte abgeſunken ſind an einem oder an mehreren groſsen Brüchen, aber die heutigen Abhänge der Quathlamba ſind nicht die Bruchflächen. Die groſse Ablöſung des jetzt an und unter dem Meere liegenden Theiles des Feſtlandes erfolgte weit näher an der heutigen Uferlinie und ſpätere Denudation hat den Abſturz gemildert und die Kante deſſelben allmählich landeinwärts geſchoben. Dieſe Denudationskante iſt die Quathlambakante; das Quellgebiet des Tugela arbeitet heute noch an ihrem Zurückſchieben und auf der ganzen Linie ſind ſolche Kräfte wirkſam.“ Die Rückverſchiebung überſchreitet in ſolchen Fällen, wo ſie allein durch gröſsere Steilheit des Gefälles der einen Seite hervorgerufen wird, trotz der weiten Verbreitung der Erſcheinung, in der Regel kein ſehr groſses Maſs, da, wie wir geſehen haben (S. 54), je kürzer der Abfall iſt, deſto ſteiler der Scheitelpunkt der Terminante bei der Verſchiebung in die Höhe ſteigt. In dem Falle

[1]) Antlitz I. S. 508.

Südafrikas kommt aber noch der befördernde Umſtand hinzu, daſs der ſteilere Abfall zugleich die Regenfront des trockenen Kontinents gegen den feuchten Südoſt-Paſſat bildet[1]). — Ganz entſprechende Verhältniſſe zeigen ſich am Weſtrande des Plateau von Dekan. Hier liegt die Hauptwaſſerſcheide durchaus nicht auf ausgeſprochenen Gebirgsketten, ſondern ſie beſteht nur aus von der Denudation beſonders verſchonten Plateautheilen[2]). Sie iſt urſprünglich bedingt durch den Abbruch des Plateaus nach Weſten, von dieſem Bruch aber nach Oſten mehr oder weniger verſchoben durch die Verſchiedenheit ſowohl der Gefälls- als der Regenverhältniſſe auf dem weſtlichen Abfall und den inneren Plateaus. (Regenbringende Monſune von Südweſt.)[3]) — Steileres Gefälle verurſacht häufig in Faltengebirgen das ſiegreiche Vordringen der Querthäler gegen die Längsthäler, das mit der Anzapfung der letzteren enden kann. Dies war wohl auch (im Verein mit Schuttauffüllung) die Urſache der Anzapfung des groſsen Längsthales der nördlichen Oſtalpen[4]). Dieſer Umſtand kann als eine der Urſachen der häufigen Erſcheinung angeſehen werden, daſs in einem Faltengebirge die Querthäler bedeutend über die Längsthäler überwiegen. Wo nämlich urſprünglich Längsthäler vorherrſchen (ſ. o. S. 32 f.), werden dieſe wohl zuweilen, wenn eine genügende Niveaudifferenz vorhanden iſt, durch rückſchreitende Eroſion von Seiten der Querthäler zerſchnitten. Es kann dann eine roſtförmige Fluſs- und Waſſerſcheidenvertheilung entſtehen, die zuletzt in eine reine Querthalherrſchaft übergehen mag.

Die tiefere Lage der Eroſionsbaſis iſt noch ein Grund, auf einer Seite eines Gebirges eine ſtärkere Eroſion zu veranlaſſen. Wir haben in unſeren bisherigen Betrachtungen immer angenommen, daſs die Eroſionsbaſis für alle Gewäſſer die gleiche, nämlich das Meer ſei. Das iſt nun in der Natur nicht immer der Fall. Der Fluſs kann ſich in einen beliebig hoch gelegenen Binnenſee ergieſsen oder in einer Wüſte verdunſten; dann iſt der See oder die Wüſte die Eroſionsbaſis. Aber auch Flüſſen, die das Meer erreichen, braucht dieſes doch nicht für ihren ganzen Lauf als Eroſionsbaſis zu dienen. Wenn der Fluſs eine Strecke durchzieht, wo durch geringes primäres Gefälle die direkte Eroſion unmöglich gemacht iſt oder doch ſo langſam vor ſich geht, daſs ſie im Vergleich zu der ſchnelleren Arbeit in den oberhalb gelegenen Laufſtrecken als ruhend gelten kann, ſo dient der obere Anfangspunkt dieſer Strecke für den oberhalb

[1]) Hann, Klimatologie. S. 617 ff.
[2]) Medlicott and Blanford. p. V.
[3]) Hann. S. 299.
[4]) Löwl, Petermann's Mittheil. 1882, S. 405 ff.

gelegenen Lauf als Eroſionsbaſis;[1]) in ihn muſs der Mündungspunkt der Terminante für dieſen oberen Lauf gelegt werden. Eine ſolche Eroſionsbaſis kann beſtändig ſein, wenn die Verhältniſſe des Unterlaufes derartig ſind, daſs ſie von der rückſchreitenden Eroſion nicht erreicht werden kann, oder aber ſie kann von derſelben erreicht und zerſtört werden. Ein ſolches Ereigniſs bedeutet für die oberhalb gelegene Laufſtrecke eine Vertiefung der Eroſionsbaſis. Hierdurch kann wiederum eine Verſchiebung der Waſſerſcheide bewirkt werden. Solche ſind in der That beobachtet worden. Ich will nur ein Beiſpiel anführen, das Vogelgeſang[2]) beſchrieben hat. Daſſelbe befindet ſich im ſüdlichen Schwarzwald. Durch Tieferlegung des Rheines, vielleicht verurſacht durch das Einſchneiden des Thales zwiſchen Bingen und Bonn (?), wurde das untere Wutachthal ſo vertieft, daſs es das obere Wutachthal, welches bis dahin zur Donau abgefloſſen war, in einem rechten Winkel anzapfte und ablenkte. Der alte Wutachlauf zur Donau läſst ſich noch heute über eine flache Waſſerſcheide (Torfmoor) und durch das Thal der Aitrach verfolgen, durch Schwarzwaldgeſchiebe gekennzeichnet. Der abgelenkte Theil hat ſeitdem eine bedeutende Austiefung erfahren, ſodaſs die Seen des oberen Wutachthales beträchtlich verkleinert worden ſind.

Als ein beſonders wirkſames Agens zur Verſchiebung der Waſſerſcheiden führt Stapff[3]) noch die Keſſel- oder Cirkusthäler an. Es ſind dies nach Penck's Definition[4]) „amphitheaterähnliche Einbuchtungen in die Gehänge mit ſehr ſteilen Wandungen, welche ſich hoch über den Thälern gegen dieſelben öffnen.“ Es gehören dahin aber auſserdem ſolche Thalabſchlüſſe, welche ſich nicht verzweigen, ſondern mit ſteilen Felswänden rings umgürtet ſind. Es giebt ſolche Cirken mit ſteil und mit flach geneigtem Boden; ſehr viele enthalten im Grunde Seen, theils Moränenſeen, theils Felsbecken. Helland[5]) und Penck[6]) erklären dieſe Cirkusthäler, die man in den Alpen, Pyrenäen und Skandinavien weit verbreitet findet,[7]) für Wir-

[1]) Vergl. Powell, Colorado. p. 203.
[2]) Ausland 1870, S. 439 ff., 463 ff.
[3]) Neues Jahrbuch f. Mineral. etc. 1882. S. 110 ff.
[4]) Zeitſchr. d. deutſch. u. öſterreich. Alpenvereins. 1884. S. 468.
[5]) Geolog. För. Förh. II. Nr. 9.
[6]) Ausland 1882, S. 190 ff.; und am eben cit. O.
[7]) Es ſei hier auf zwei ausgezeichnete Cirkusthäler in den Glarner Alpen aufmerkſam gemacht: die Hintere Sulz am Abſchluſſe des Durnachthales bei Linththal und den Abſchluſs des Schächenthaler Brunnithales. Nur das erſtere enthält einen ſehr unbedeutenden ſogenannten „regenerirten“ Gletſcher, der ſich von den Lauinen ernährt, welche von den Kronen der Wände herabſtürzen. Er würde nicht exiſtiren, wenn dieſe ſteilen Wände des Cirkusthales nicht vorhanden wären.

kungen der Gletſcher, da die ſo häufig in ihnen enthaltenen Seen keine andere Deutung zuzulaſſen ſchienen. Sie glauben auſserdem beobachtet zu haben, daſs Cirken ſich nur in gewiſſer Höhe, wo Gletſcher noch in kurzer Vergangenheit gewirkt haben können, befinden. Dem gegenüber hat Bonney[1]) den Urſprung durch Eroſion des flieſsenden Waſſers behauptet. Geiſtbeck[2]) ſcheidet die Cirkusthäler in trichterförmige, mit geneigtem Boden und ohne Seen — dieſe ſeien durch flieſsendes Waſſer erodirt — und keſſelförmige, ſogenannte Botner, mit Seen am Boden: dieſe ſeien ganz und gar durch Gletſcher ausgehobelt. Ich möchte mich der Anſicht von Löwl[3]) anſchlieſsen und die trichterförmigen Thäler als ſolche ſtets für Schöpfungen des flieſsenden Waſſers halten, in welche dann aber nachher die Gletſcher die Seen ausgehobelt haben. Sagt doch Geiſtbeck ſelbſt (S. 285): „Das Eis erodirt vorwiegend horizontal, es ſchafft echte Felſenbecken von vergleichsweiſe geringer Einſenkung. Selbſt unter den ungünſtigſten Verhältniſſen im Hochgebirge überwiegt die horizontale Eroſion die vertikale um das fünf- bis zehnfache.“ Auſserdem ſind die Uebergangsformen von den Botner zu einfachen unzweifelhaften Eroſionsformen der Gewäſſer zu zahlreich, gerade an den Gehängen der Thäler, wo jede Runſe ſich einen cirkusähnlichen Abſchluſs ausarbeitet. Solche amphitheatraliſchen Thäler muſsten aber der Bildung von Gletſchern, auch noch nach der eigentlichen Eiszeit, ungemein günſtig ſein, daher man in ihnen ſo häufig deren Spuren findet. Die Gletſcher haben dann in dem Trichter jene für die Botner charakteriſtiſche Bodengeſtalt (den flachen Grund und die Seebecken) nachträglich ausgebildet, welche zur Annahme der glacialen Entſtehung der ganzen Thalform führte. Ich glaube alſo, daſs die Bildung der Cirkusthäler und die Entſtehung des vertieften Bodens und der Seebecken in ihnen wohl aus einander zu haltende Vorgänge ſind. — Eine lokal ſehr ſtarke Eroſion muſs durch ſich allein trichterähnliche Bildungen (allerdings ohne flachen Boden und Seen) hervorbringen. Cirken und Trichter ſind daher nicht Urſachen, ſondern nur Symptome einer ſtarken Eroſion und, wenn vorwiegend auf einer Seite einer Waſſerſcheide gelegen, einer lebhaften einſeitigen Eroſion, welche die verſchiedenſten Urſachen haben kann. Sie ſind daher eigentlich nicht unter die Urſachen der Verſchiebung der Waſſerſcheiden zu rechnen. Doch müſſen ſie hier erwähnt werden, weil ſie ſo häufig Symptome derſelben ſind. Stapff führt mehrere Beiſpiele der

[1]) Quart. Journ. Geol. Soc. 1871. p. 312 ff. — Geol. Mag. 1877. p. 273.
[2]) Seen. S. 234 ff.
[3]) Thalbildung. S. 127.

Verlegung von Waſſerſcheiden durch Rückwärtsſchreiten ſolcher Auskeſſelungen aus der Gegend des oberen Teſſinthales an. Er glaubt bemerkt zu haben, daſs bei weitem die meiſten Auskeſſelungen auf der Seite des Abbruches der Schichtenköpfe liegen, nicht auf der Seite des Schichtenfallens. Es iſt dies wohl derſelbe Umſtand, der auch die Bildung der ſogenannten Escarpments auf der Seite der Schichtenköpfe begünſtigt. [1]) Es wäre demnach die häufigſte Urſache der einſeitigen Eroſion, der Keſſelthäler und der Waſſerſcheidenverſchiebung in ſolchen Fällen der ſteilere Abfall der Seite der Schichtenköpfe. Nur ein lehrreiches Beiſpiel ſei aus dem intereſſanten Aufſatze von Stapff angeführt. Zwiſchen Val Piora und Val Cadlimo (im Gebiet des oberen Teſſinthales) ſtreichen die Schichten von Weſt nach Oſt und fallen 40—61 ° nach Nord. Auf dem Südabhang des Rückens befindet ſich das tiefe Keſſelthal des Lago di Cadagno in 1921 m (Fig. 19). Auf der Zinne des Cirkus, 400 m hoch (2359 m), liegt der kleine Lago dello Stabio di fore und ſendet ſeinen Abfluſs über die Klippenwand hinab nach Cadagno. Derſelbe kleine See zeigt aber zwei alte, jetzt trocken gelegte Abflüſſe nach Nord zum Reno di Medels, welche jetzt 10 bezüglich 29 m höher als der Seeſpiegel liegen. Der Rhein liegt im Lago di Liſera nur 6 m tiefer als der heutige Spiegel des Sees von Stabio di fore. Es iſt klar, daſs dieſer See ehemals dem Rhein tributär, durch das Rückwärtsfreſſen des Keſſels von Cadagno zum Teſſin abgelenkt iſt. — Stapff führt aber auch an, daſs immerhin Auskeſſelungen auf den Seiten des Schichtenfallens vorkommen, wenn auch ſelten. Hier ſind dann alſo andere Urſachen der einſeitigen Eroſion vorauszuſetzen.

Fig. 19.

a, b alte Abflüſſe des Lago Stabio di fore.

Wir haben nun geſehen, auf welche Weiſe die einſeitige Eroſion eine Verſchiebung der Waſſerſcheide bewirkt, wie und unter welchen Bedingungen ſich dies bis zur Anzapfung fremder Flüſſe ſteigern kann. Wir haben ferner die Urſachen betrachtet, welche die einſeitige Eroſion hervorbringen können, und haben ſie in der Regenvertheilung, der Geſteinsbeſchaffenheit, den Unterſchieden im Gefälle und in der Höhenlage der Eroſionsbaſis gefunden. Als häufiges Symptom und Werkzeug der einſeitigen Eroſion erwähnten wir zuletzt noch der Cirkusthäler.

[1]) Ramsay, Phys. Geology p. 336 ff.

Damit haben wir den letzten und wichtigſten der drei Faktoren (ſäkulare Niveauveränderung, ſeitliches Rücken der Flüſſe, einſeitige Eroſion), welche eine langſame Verſchiebung der Waſſerſcheiden bewirken, behandelt und wenden uns nun zu denen, welche Veränderungen in der Lage der Waſſerſcheiden durch Vernichtung der alten (ohne allmähliche Ortsveränderung derſelben) und Schaffung von neuen herbeiführen können.

b. Vernichtung und Neubildung von Wasserscheiden.

1. *Durch Dislokationen.* Zunächſt verdienen an dieſer Stelle die Dislokationen eine Beſprechung, von denen wir oben erläutert haben, daſs ſie von der Eroſion überwunden werden können, wenn das Kräfteverhältniſs beider für die letztere entſcheidet. Andererſeits können ſie aber die Eroſion überwinden und den Verlauf der Waſſerſcheiden und Fluſsſyſteme bedingen, falls ſie zu intenſiv vor ſich gehen, als daſs die Eroſion mit ihnen Schritt halten könnte. Die Gebiete, wo nach der Meeresentblöſsung beträchtliche Dislokationen ſo vor ſich gehen, daſs ſie für die Waſſervertheilung entſcheidend werden, verhalten ſich im Groſsen und Ganzen theoretiſch ſo, als ob die Dislokationen ſich unter Meer gebildet und das Entwäſſerungsſyſtem ſich ihnen nachträglich angeſchmiegt hätte. Es gelten alſo für ſolche Fälle dieſelben Regeln, welche ſchon oben bei der „Anlage der Waſſerſcheiden“ gegeben wurden. So verhält ſich die Waſſerſcheide in lockeren Faltengebirgen (z. B. im Schweizer Jura), die auf dem Kontinente gebildet ſind, in denen aber die Abfluſsverhältniſſe völlig von der Faltenbildung abhängig geworden ſind, gerade ſo, wie es in unterſeeiſch gebildeten Faltengebirgen der Fall ſein würde. Die Flüſſe ſtrömen in den ſich bildenden Mulden; dieſe aber durchziehen gewöhnlich nicht das ganze Gebirge, ſondern ſind meiſt rings geſchloſſen und von Sätteln umgeben. Daher ſind die Flüſſe genöthigt, die Mulden ſeitwärts über den niedrigſten Theil der Umwallung hinweg zu verlaſſen; dies geſchieht entweder nach Aufſtauung des Waſſers in einem See oder ohne ſolches, indem die Flüſſe ſich gleich während des Aufſteigens der Umwallung in dieſe einzuſchneiden vermögen. Daher mag es zum Theil kommen, daſs wir durchgängig in ſolchen Gebirgen, die aus locker geſtellten Falten beſtehen, die Flüſſe zwiſchen Längsthälern und kurzen Querthälern wechſeln ſehen. Die Waſſerſcheide ſpringt von einem Faltenſattel zum anderen über. Allerdings werden noch viele andere Vorgänge bei dieſem äuſserſt ſchwierigen Probleme mitſpielen, von deſſen Verſtändniſs wir noch weit entfernt ſind. — Es iſt ſomit in jedem Falle ſchwer zu unter-

ſcheiden, ob wir Vorkommniſſe untermeeriſcher oder kontinentaler Entſtehung vor uns haben. Wohl iſt dies aber möglich, wenn wir nur die gröſseren Flüſſe entgegen den Reliefverhältniſſen, die kleineren gemäſs denſelben ſtrömend finden. Dann ſpricht die höchſte Wahrſcheinlichkeit für die Annahme, daſs nach Ausbildung des Fluſsnetzes die Entſtehung der Dislokationen daſſelbe verändert hat. — Wir können daher hier unter Hinweis auf den erſten und vierten Abſchnitt ſchnell über die Veränderungen der Waſſerſcheiden durch Dislokationen hinweggehen. Erwähnt wird dieſer Vorgang von Gilbert[1]) und Kollbrunner.[2]) Ob die Veränderungen der Waſſerſcheiden, die Reyer[3]) aus dem Chianathal beſchrieben hat, zu dieſer Kategorie gehören, erſcheint zweifelhaft.

Nur eine beſondere Art von Dislokationen bedarf der näheren Betrachtung. Wenn es ſich nicht um einzelne Dislokationsſyſteme handelt (Falten, Brüche), die nach dem Fluſsſyſtem zur Ausbildung kommen und dieſes verändern, ſondern wenn in einem Schichtungstafelland mit ausgebildeten Flüſſen eine allgemeine Neigung der Schichten abweichend von der urſprünglichen vor ſich geht, ſo kann es geſchehen, daſs in einem Theile dieſes Gebietes die Flüſſe ſich in ihrer Lage behaupten, in einem anderen Theile dagegen ſich der neuen Abdachung anpaſſen. Die Gröſse und Vertheilung dieſer Gebietstheile kann ſehr unregelmäſsig ſein: hängt doch in jedem einzelnen Theile die Geſtaltung der Abfluſsverhältniſſe ab ſowohl von der Stärke der Neigungsbewegung als von der Stärke der Eroſion. Es werden ſich daher Waſſerſcheiden zwiſchen den einzelnen verſchieden entwäſſerten Theilen eines tektoniſch einheitlichen Gebietes herausbilden, die alle diejenigen Punkte mit einander verbinden, an welchen beide Kräfte (Eroſion und Dislokation) einander gleich ſind. Dieſe Waſſerſcheiden zeigen dann keinerlei direkte Abhängigkeit ihres Verlaufes von der Tektonik oder Petrographie des Untergrundes; ſie können gradlinig, aber auch ſehr gewunden verlaufen. (S. S. 123 ff. über das nordfranzöſiſche und ſüddeutſche Becken.)

2. *Durch Aufſchüttungen.* Neubildungen von Waſſerſcheiden werden auch häufig durch Aufſchüttungen verurſacht. Dieſe Aufſchüttungen können aus Schutt beſtehen, welcher durch Verwitterung, Eroſion oder Gletſcher geliefert worden iſt, ferner vulkaniſche Maſſen, endlich Gletſcher ſelbſt ſein. Wenn ſich irgendwo im Laufe eines Gewäſſers eine ſolche Aufſchüttung

[1]) Henry Mts. p. 125.
[2]) Morphologie etc. S. 39.
[3]) Zeitſchr. d. Geſ. f. Erdk. zu Berlin 1883.

bildet, welche nicht während ihrer Bildung von dem Gewäſſer durchſchnitten werden kann, und dieſe Aufſchüttung ſtaut das Gewäſſer ſo auf, daſs es einen anderen Abfluſs gewinnt: dann iſt eine neue Waſſerſcheide auf der Aufſchüttung entſtanden und die alte Waſſerſcheide iſt dort, wo der neue Abfluſs erfolgt, verſchwunden. Das Thal, welches jetzt der Achenſee in Nordtirol erfüllt, war einſtens dem Inn tributär, bis dieſer bei dem Herannahen der Vergletſcherung koloſſale Schotterterraſſen in ſeinem Thale anhäufte; dieſe ſperrten das Seitenthal, in dem ſich infolge deſſen der Achenſee bildete; der abſperrende Damm ſtieg aber zu gröſserer Höhe, als die Waſſerſcheide auf der Nordſeite des Sees befaſs, und dieſer ergieſst ſich nun ſeitdem über die frühere Waſſerſcheide hinweg nach Nord zur Iſar.[1]) — Hierher gehören die Waſſerſcheiden in den Gletſcherſchuttgebieten aller Art, ſowohl den echten Moränenlandſchaften als den Ablagerungsgebieten der eiszeitlichen Grundmoränen. Auf den groſsen arktiſchen Platten beider Kontinente ſcheint neben der Geſtalt der Abraſionsfläche die Ablagerung des Gletſcherſchuttes von groſsem Einfluſs auf den Verlauf der Waſſerſcheide geweſen zu ſein und beſonders ihre Unregelmäſsigkeit und Unbeſtimmtheit veranlaſst zu haben. — Groſse Bedeutung für die Waſſervertheilung beſitzen iſolirte vulkaniſche Aufſchüttungen. Ich brauche nur an den Vogelsberg zu erinnern mit ſeinen radial nach allen Seiten hinabrinnenden Gewäſſern. Solche Vulkangebirge mit centralem Bau ſind natürlich geneigt, radiale Entwäſſerungsſyſteme zu bilden. Sie werden, wenn ſie in einem Bruchfelde des umgebenden Gebirges ſtehen, häufig von zwei Flüſſen halbkreisförmig umfloſſen, wie der Aetna von Simeto und Alcantara.

Gletſcher können ſowohl durch ihre Aufſchüttungen Waſſerſcheiden bilden, als auch ſelbſt Waſſerſcheiden ſein. Es giebt in den Alpen eine ganze Anzahl ſolcher waſſerſcheidender Gletſcher. In der Regel ſind allerdings die Firnmulden zweier in entgegengeſetzter Richtung geneigter Gletſcher durch einen Felsgrat oder wenigſtens durch eine ſcharf ausgeprägte Firnſchneide geſchieden, wodurch eine mehr oder weniger vollſtändige Trennung der beiderſeitigen Gebiete bewirkt wird. Daneben kommen aber auch Gletſcher vor, die mit allmählicher Wölbung nach zwei Seiten hin zu verſchiedenen Fluſsgebieten geneigt und ihnen beiden tributär ſind. Auf den höheren Kämmen des Hochgebirges ſind dieſe Fälle verhältniſsmäſsig ſelten; häufig ſind ſie aber, wo der Gletſcher einen die Waſſerſcheide quer durchſetzenden Thalzug anfüllt, d. h. alſo eine Thalwaſſerſcheide oder ſtark erniedrigte Kammwaſſerſcheide

[1]) Penck, Vergletſcherung S. 157 ff.

bedeckt (Fig. 20). Solche Gletſcher gewähren in der Regel gut gangbare Päſſe, wie z. B. der Hochjoch-Gletſcher zwiſchen dem Venter und dem Schnalſer Thal in der Oetzthaler Gruppe, der beiden Thälern und ſomit dem Inn und der Etſch ſeine Gewäſſer zuſendet. Es iſt aber leicht erſichtlich, daſs derartige Gletſcher, da ſie ſich den gegebenen Terrainverhältniſſen anſchmiegen, keine weſentliche Veränderung in der Lage der Waſſerſcheide hervorbringen. Doch daſs Gletſcher auch wichtige Veränderungen der Waſſervertheilung unmittelbar verurſachen können, glaubt wenigſtens Rütimeyer (a. a. O.) an dem Beiſpiel des Rheines bei Sargans nachweiſen zu können. Der Rhein floſs vor der Eiszeit durch die Lücke in der weſtlichen Thalwand bei jenem Orte nach Weſten zum Walenſee und der Linth; dieſes Thal wurde vom Gletſcher erfüllt, der ſo hoch anſtieg, daſs er über die (ſchon vorher niedrige) Waſſerſcheide hinweg nicht unbeträchtliche Waſſermaſſen zum Bodenſee entſandte. Dieſe durchſägten die Waſſerſcheide; möglich, daſs auch die Gletſchererоſion dazu beitrug; kurz, als der Gletſcher ſich zurückzog, war die alte Waſſerſcheide zerſtört, der Rhein floſs zum Bodenſee, und in dem weſtlichen Thale war eine neue, eine Thalwaſſerſcheide entſtanden. Aehnliche Vorgänge haben nach Kollbrunner[1]) eine Verlegung des Rheines zwiſchen Büdlingen und Egliſau (13 km unterhalb Schaffhauſen) bewirkt. Dort ſchneidet der Rhein jetzt in 1000′ tiefer Schlucht durch Tertiär hindurch, während in dem nördlich vorliegenden Rafzerfelde ein altes Rheinbett mit Geſchieben nur 200′ über dem jetzigen Rheinſpiegel liegt. Die ganze Gegend war vom Gletſcher bedeckt, deſſen unter dem Eiſe flieſsende Gewäſſer das heutige Rheinthal ausgruben. Stets ſind dieſe Schmelzwäſſer, welche in der Nähe des Gletſcherendes unter dem Eiſe ſtrömen und ſchlieſslich als Gletſcherbach heraustreten, ſchon oberhalb ihres Austrittspunktes von der gröſsten Bedeutung; ihre Eroſionswirkungen unter dem Eiſe ſind ſehr beträchtlich, wie man an den durch den jetzigen Rückzug der Gletſcher entblöſsten Theilen ihres Bettes ſo vielfach in den Alpen beobachten kann. Man ſieht dann auf dem Grunde des vom Gletſcher mit Rundhökern bedeckten Thalbodens eine tiefe und enge Klamm von dem Schmelzwaſſer ausgenagt (z. B. am Gurgler Ferner im Oetzthal, das ſogenannte Milchbachloch am oberen Grindelwaldgletſcher u. a. m.). Die groſsen Gletſcher

Fig. 20. (Profil.)

A waſſerſcheidender Gletſcher.
a, b tributäre Gletſcher im Hintergrund.

[1]) Morphologie S. 19.

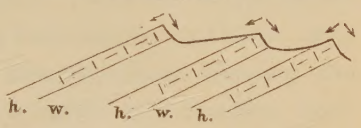
der Eiszeit ſind in den Alpen jedenfalls auch dadurch für die Umgeſtaltung des Reliefs thätig geweſen, daſs ſie im Stande waren, Schmelzwäſſer nicht bloſs aus ihrem unterſten Ende auf die vorliegende Thalſohle zu entſenden, ſondern auch durch Auffüllung ihres ganzen Thales bis zum Rande über die Seitenrücken ihres Bettes hinweg hier und dort Eismaſſen und Gletſcherbäche austreten zu laſſen, die dann auf den Bergrücken ſelbſt glaciale und fluviatile Eroſionswirkungen hervorbringen konnten. Durch die in den Thälern ſich lagernden und häufenden Gletſchermaſſen wurden vielfach die Bergkämme zu Thalſohlen zwiſchen den Eisſtrömen. Häufig begegnet man Kerben in den Bergkämmen, auf die v. Richthofen[1]) jüngſt aufmerkſam gemacht hat, die aber nicht immer durch Abſinken eines Bachoberlaufes an einer quergerichteten Verwerfung zu erklären ſind. So erſcheint dies z. B. nicht annehmbar bei der merkwürdigen Kerbe des Passo delle Scale bei Bormio. Es iſt dies eine enge Felsſchlucht in Dolomit, welche in den die beiden parallelen Längsthäler Val Viola im Süden und Val di Fraèle im Norden trennenden Gebirgskamm in ungefähr 2000 m Meereshöhe, hoch über den beiden Thälern, quer eingeſchnitten iſt. An der Nordſeite dieſes waſſerloſen Engpaſſes liegt etwas unterhalb ſeiner Oeffnung nach dem Abhang des Val di Fraèle zu ein kleiner runder See; nach Süden zu öffnet ſich die Kerbe unmittelbar nach der ſteilen Thalwand des Val Viola, das an Zeichen einer mächtigen Vergletſcherung reich iſt. Es erſcheint mir höchſt wahrſcheinlich, daſs ſolche Paſskerben in Gebieten ehemaliger bedeutender Vergletſcherung den ſeitlich entſandten Schmelzwäſſern der Gletſcher ihre Entſtehung verdanken können. Es iſt dies der Beginn des Vorgangs, der mit dem völligen Durchſägen der Waſſerſcheide enden kann, wie ſie bei Sargans angenommen wurde.

3. *Durch Härtedifferenzen der Geſteine.* Dieſe Art der Veränderung der Waſſerſcheiden nach ihrer erſten Anlage wird durch die Eroſion ſelbſt hervorgebracht. Durch die Abtragung kommen nämlich zuweilen härtere Geſteinsmaſſen an die Oberfläche und treten immer mehr über dieſelbe hervor, je ſtärker ihre Nachbarſchaft der Eroſion unterliegt. Wir haben geſehen (S. 37), daſs trotzdem die Waſſerſcheiden, wenn auch in den weicheren Partien angelegt, beharren können, wenn die Eroſion ſtark genug iſt, dieſe Härtehinderniſſe zu beſiegen. Iſt dies dagegen nicht der Fall, ſo müſſen die Flüſſe ihren Lauf ändern, und die hervortretenden harten Partien werden hydrographiſche Centra. Gilbert[2]) widmet dieſem Vorgange einige Worte und

[1]) Führer S. 671, 704.
[2]) Henry Mts. p. 140.

veranſchaulicht ihn durch eine der Fig. 21 ähnliche Zeichnung, das Entſtehen von Waſſerſcheiden in ſanft geneigten, verſchieden harten Schichten darſtellend. Als Beiſpiel führt er die Pink cliffs im ſüdlichen Utah an. Etwas Aehnliches läſst ſich auf der Schweizer Hochebene beobachten [1]). Dort, in den nicht oder ſchwach dislocirten Molaſſegeſteinen folgen die Gewäſſer vom Alpenrande aus der allgemeinen Abdachung des Landes zum Jura hin. Wo aber die harte Nagelfluh in gröſseren Maſſen auftritt, da erhebt ſie ſich wegen ihrer Härte nicht unbedeutend über die Ebene. Wo ſie in rundlich konturirten Maſſen zu Tage tritt, [2]) bildet ſie ſelbſtſtändige hydrographiſche Centren, welche die regelmäſsige Fluſsvertheilung der „Ebene“ unterbrechen. So erhebt ſich der Napf ca. 2600′ über die Nachbarſchaft, und von ihm laufen radial die Gewäſſer herab; er zwingt die von Oſten kommende Emme nach Nordoſten umzubiegen. Ganz ähnlich verhält ſich die Gruppe des Kreuzegg in Toggenburg. Wo hingegen die Nagelfluh mehr in Geſtalt langer, aber ſchmaler Zonen erſcheint, da konnte ſie von den Gewäſſern durchſchnitten werden und trägt keine Waſſerſcheide. So in St. Gallen und Appenzell, wo z. B. die Sitter ohne Laufveränderung drei orographiſch wohl hervortretende Nagelfluhzüge, deren mittelſter den Gäbris trägt, hintereinander durchbricht.

Fig. 21. (Profil.)



4. *Durch chemiſche Eroſion.* Eine Wirkſamkeit in gröſserem Maſsſtabe übt die chemiſche Eroſion in Bezug auf das Relief der Erde nur in Gebieten aus, in denen leicht lösliche Geſteine verbreitet ſind (vor allen Gyps und Kalkſtein, in geringerem Grade Dolomit), dort aber in ſehr bedeutendem Maſse. Es würde zu weit führen, hier die auflöſende Thätigkeit der auf den Klüften der Geſteine cirkulirenden Gewäſſer näher zu betrachten. Es ſei nur darauf hingewieſen, daſs dieſe Thätigkeit ihre Richtung in erſter Linie von dem Verlauf der Klüfte und Schichtfugen angewieſen erhält. Sie kann daher unabhängig von oder gar im Gegenſatz zu der Oberflächengeſtalt und den oberflächlichen Abfluſsſyſtemen vor ſich gehen. Es iſt klar, daſs ſich dieſe unterirdiſche Wegführung der Stoffe bis zum Einſturz der Hohlräume ſteigern kann und damit an die Oberfläche tritt und in deren Verhältniſſe eingreift, wie dies vom Karſt allgemein bekannt iſt. Hierdurch kann derartigen Gebieten eine Anordnung der Abflüſſe von Innen heraus geſchaffen werden,

[1]) Vergl. Rütimeyer, Thal- und Seebildung.
[2]) Studer et Escher, Carte géol.

welche zu dem Relief der Oberfläche im Gegenſatz ſteht. So können auf dieſe Weiſe alte Waſſerſcheiden vernichtet werden und neue entſtehen. —

Hiermit werden ſo ziemlich die Faktoren, welche eine nachträgliche Veränderung der Waſſerſcheiden herbeiführen, betrachtet ſein. Sie ſind ſo mannigfaltig, daſs hier ein jeder nur eine kurze Behandlung erfahren konnte.

Vita.

Am 1. Januar 1864 wurde ich, *Alfred Philippſon*, Sohn des emer. Rabbiners *Dr. Ludwig Philippſon* und *Mathilde*, geb. *Hirſch*, zu Bonn geboren. Im Herbſt 1872 wurde ich in die Sexta des königl. Gymnaſiums meiner Vaterſtadt aufgenommen und verließ dieſe Anſtalt mit dem Reifezeugnis zu Oſtern 1882. Schon früh wandte ſich meine ausgeſprochene Neigung der Geographie zu. Ich widmete mich daher dem Studium dieſer und verwandter Wiſſenſchaften, beſonders der Geologie. Ich ſtudirte zunächſt auf der Univerſität zu Bonn drei Semeſter, dann von Herbſt 1883 an auf der Univerſität zu Leipzig, mit Ausnahme des Winterſemeſters 1884/85, das ich wieder in Bonn zubrachte.

Während ſieben Semeſter gehörte ich dem geographiſchen Colloquium des Herrn Profeſſor Freiherrn *v. Richthofen*, drei Semeſter der geographiſchen Geſellſchaft des Herrn Profeſſor *Hahn*, ein Semeſter der geographiſchen Geſellſchaft des Herrn Profeſſor *Rein* und zwei Semeſter dem königl. mineralogiſchen Seminar zu Bonn unter Leitung des Herrn Profeſſor *von Laſaulx* an.

Vorleſungen hörte ich bei folgenden Herren Profeſſoren:

Clauſius, *Credner*, *Hahn*, *Kekulé*, *von Laſaulx*, *J. Lehmann*, *Naſſe*, *Rein*, *von Richthofen*, *Roſcher*, *Schlüter*, *Schönfeld*, *Seydel*, *Strasburger*, *Wundt*, *Zirkel* und den Herren Privatdocenten *Dr. Luerſſen* und *Dr. Emil Schmidt.*

Allen dieſen meinen hochverehrten Lehrern ſage ich hierdurch meinen herzlichſten Dank.

Ganz beſonders aber fühle ich mich Herrn Profeſſor Freiherrn *von Richthofen*, Herrn Oberbergrath Profeſſor *Credner* und dem leider allzu früh dahingeſchiedenen Herrn Profeſſor *von Laſaulx* für ihr mir ſtets bewieſenes Wohlwollen und ihre unſchätzbare perſönliche Anregung verpflichtet.